

No: TA/TK/2022/...

PRARANCANGAN PABRIK *ALLYL CHLORIDE*
DARI *PROPYLENE* DAN *CHLORINE*
KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN

PRARANCANGAN PABRIK

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia



Oleh:

Nama : Gita Fitriani

Nama : Irawati

NIM : 18521010

NIM : 18521042

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

2022

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PRARANCANGAN PABRIK *ALLYL CHLORIDE* DARI *PROPYLENE* DAN
CHLORINE KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN

PRARANCANGAN PABRIK

Oleh :
Nama : Gita Fitriani
NIM : 18521010
Nama : Irawati
NIM : 18521042

Yogyakarta, 17 Juli 2022

Pembimbing I,

Pembimbing II,

17 Juli 2022


Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D.


Ajeng Yulianti Dwi Lestari, S.T., M.T.

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr., Wb

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan karunia-Nya, sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik yang berjudul “**Prarancangan Pabrik Allyl Chloride dari Propylene dan Chlorine Kapasitas 15.000 Ton/Tahun**”, disusun sebagai penerapan dari ilmu teknik kimia yang telah diperoleh selama kuliah, serta sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Penulisan Tugas Akhir ini dapat berjalan dengan lancar atas bantuan dan doa berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penyusun ingin menyampaikan terimakasih kepada :

1. Allah SWT atas kehendak-Nya dan keridhoan-Nya yang selalu mengiringi selama proses penulisan Tugas Akhir ini.
2. Orang Tua dan Keluarga yang tanpa henti memberikan do'a, semangat dan dukungannya baik dari segi moril maupun materiil.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri.
4. Bapak Suharno Rusdi, Ph.D. dan Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T. selaku Ketua dan Sekretaris Jurusan Teknik Kimia Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing I dan ibu Ajeng Yulianti Dwi Lestari, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing II Tugas Akhir yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
6. Seluruh civitas akademika di lingkungan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
7. Teman-teman Teknik Kimia Angkatan 2018 yang selalu memberikan dukungan, semangat dan kerja samanya.
8. Semua pihak yang telah membantu baik secara moril dan spiritual.

Semoga semua bantuan yang diberikan kepada penulis mendapat balasan dari Tuhan Yang Maha Esa.

Tentunya didalam pembuatan tugas akhir ini, kami tidak luput dari kesalahan dan kekurangan. Oleh karena itu kami mengharap kritik dan saran yang membangun untuk kesempurnaan tugas akhir yang akan datang. Akhir kata semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi semua pihak.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 10 Juli 2022

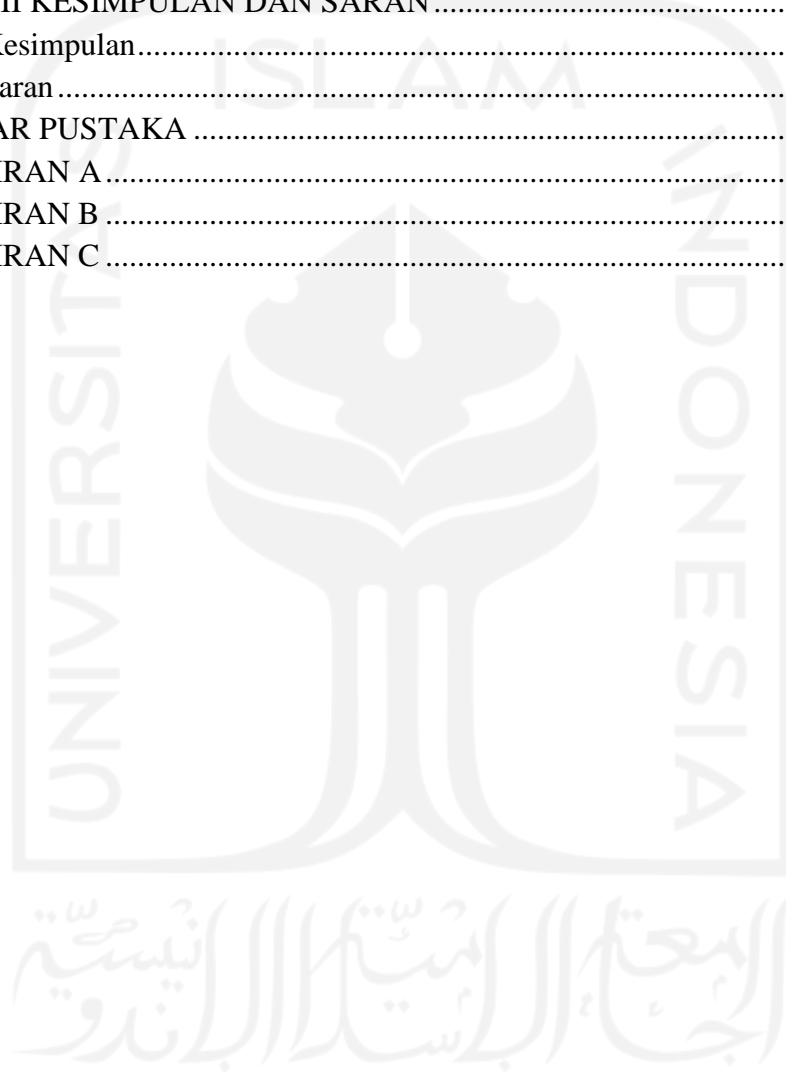


Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|--|-----|
| HALAMAN JUDUL..... | i |
| LEMBAR PERNYATAAN | ii |
| LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING | iii |
| LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI | iv |
| KATA PENGANTAR | v |
| DAFTAR ISI..... | vii |
| DAFTAR TABEL..... | ix |
| DAFTAR GAMBAR | xi |
| ABSTRAK..... | xii |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik | 2 |
| 1.3 Tinjauan Pustaka | 5 |
| 1.4 Tinjauan Kinetika | 9 |
| BAB II PERANCANGAN PRODUK..... | 10 |
| 2.1 Spesifikasi Bahan Baku, Bahan Pendukung dan Produk | 10 |
| 2.2 Sifat Kimia Bahan Baku dan Produk | 11 |
| 2.3 Studi Kebahayaan Bahan Baku dan Produk..... | 12 |
| 2.4 Pengendalian Kualitas | 14 |
| BAB III PERANCANGAN PROSES..... | 17 |
| 3.1 Diagram Alir Proses dan Material..... | 17 |
| 3.2 Uraian Proses..... | 19 |
| 3.3 Spesifikasi Alat..... | 23 |
| 3.4 Neraca Massa | 40 |
| 3.5 Neraca Panas | 42 |
| BAB IV PERANCANGAN PABRIK | 44 |
| 4.1 Lokasi Pabrik..... | 44 |
| 4.2 Tata Letak Pabrik (<i>Plant Layout</i>)..... | 48 |
| 4.3 Tata Letak Mesin/ Alat Proses (<i>Machines Layout</i>) | 52 |
| 4.4 Organisasi Perusahaan..... | 53 |
| BAB V UTILITAS..... | 74 |
| 5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air..... | 74 |
| 5.2 Unit Pembangkit Steam..... | 83 |
| 5.3 Unit Penyedia <i>Dowtherm</i> | 84 |
| 5.4 Unit Pembangkit Listrik | 84 |
| 5.5 Unit Penyedia Udara Tekan | 87 |
| 5.6 Unit Penyedia Bahan Bakar | 88 |
| 5.7 Unit Pengolahan Limbah..... | 88 |

| | |
|------------------------------------|-----|
| BAB VI EVALUASI EKONOMI | 90 |
| 6.1. Penaksiran Harga Alat | 91 |
| 6.2. Dasar Perhitungan | 93 |
| 6.3. Perhitungan Biaya | 94 |
| 6.4. Analisa Kelayakan..... | 95 |
| 6.5 Hasil Perhitungan | 98 |
| 6.6. Hasil Analisa Keuntungan..... | 102 |
| 6.7 Hasil Kelayakan Ekonomi..... | 102 |
| BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN..... | 104 |
| 7.1 Kesimpulan..... | 104 |
| 7.2 Saran..... | 105 |
| DAFTAR PUSTAKA | 107 |
| LAMPIRAN A..... | 109 |
| LAMPIRAN B | 144 |
| LAMPIRAN C | 146 |



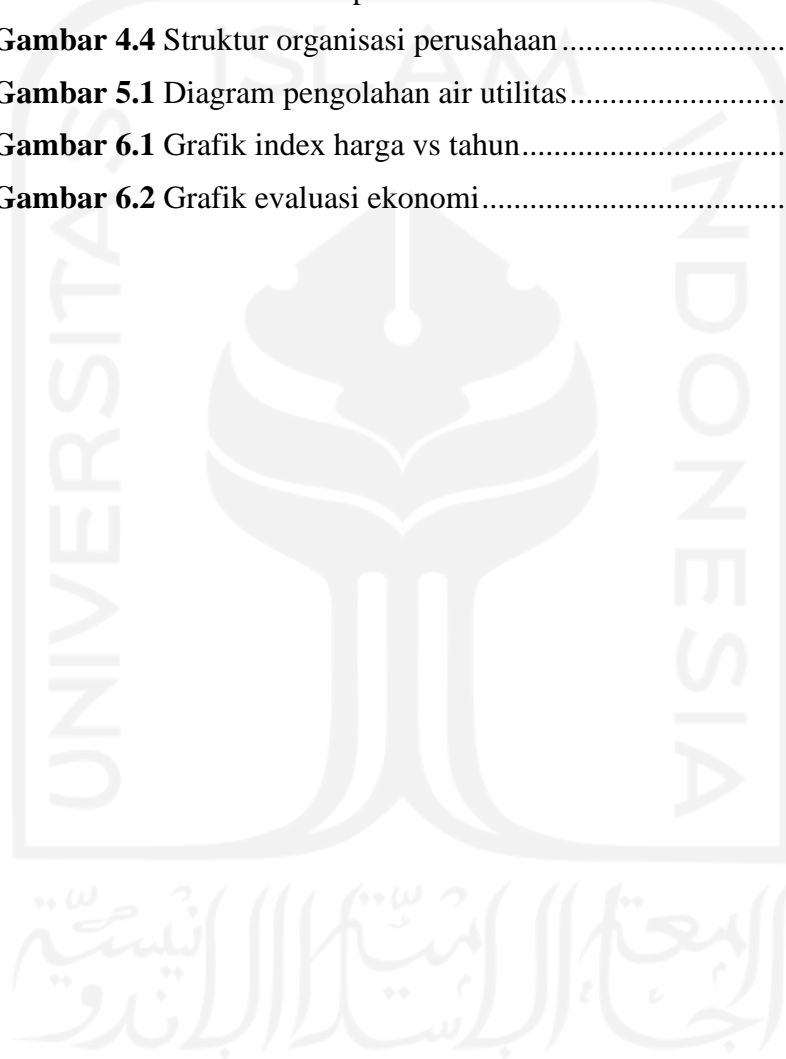
DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 1.1 Daftar impor | 2 |
| Tabel 1.2 Proyeksi kebutuhan <i>allyl chloride</i> | 4 |
| Tabel 1.3 Daftar pabrik <i>allyl chloride</i> | 4 |
| Tabel 1.4 Perbedaan proses pembuatan <i>allyl chloride</i> | 7 |
| Tabel 2.1 Spesifikasi bahan baku, bahan pendukung dan produk | 10 |
| Tabel 3.1 Spesifikasi reaktor | 23 |
| Tabel 3.2 Spesifikasi Separator-01 | 25 |
| Tabel 3.3 Spesifikasi menara distilasi | 26 |
| Tabel 3.4 Spesifikasi absorber | 27 |
| Tabel 3.5 Spesifikasi Separator-02 | 28 |
| Tabel 3.6 Spesifikasi Separator-03 | 29 |
| Tabel 3.7 Spesifikasi Furnace | 30 |
| Tabel 3.8 Spesifikasi accumulator | 31 |
| Tabel 3.9 Spesifikasi alat penyimpan bahan baku | 32 |
| Tabel 3.10 Spesifikasi alat penyimpan produk | 33 |
| Tabel 3.11 Spesifikasi alat transportasi bahan (cair) | 35 |
| Tabel 3.12 Spesifikasi alat transportasi bahan (gas) | 35 |
| Tabel 3.13 Spesifikasi condensor parsial | 36 |
| Tabel 3.14 Spesifikasi condensor | 37 |
| Tabel 3.15 Spesifikasi reboiler | 38 |
| Tabel 3.16 Spesifikasi cooler | 39 |
| Tabel 3.17 Neraca massa total | 40 |
| Tabel 3.18 Neraca massa reaktor | 40 |
| Tabel 3.19 Neraca massa condensor parsial dan separator-01 | 40 |
| Tabel 3.20 Neraca massa menara distilasi | 41 |
| Tabel 3.21 Neraca massa absorber | 41 |
| Tabel 3.22 Neraca massa separator 02 | 41 |
| Tabel 3.23 Neraca massa separator 03 | 42 |
| Tabel 3.24 Neraca panas <i>furnace</i> | 42 |
| Tabel 3.25 Neraca panas <i>jet mixer</i> | 42 |
| Tabel 3.26 Neraca panas reaktor | 42 |
| Tabel 3.27 Neraca panas condensor parsial | 42 |

| | |
|---|-----|
| Tabel 3.28 Neraca panas menara distilasi | 43 |
| Tabel 3.29 Neraca panas absorber | 43 |
| Tabel 3.30 Neraca panas <i>cooler</i> -01 | 43 |
| Tabel 3.31 Neraca panas <i>cooler</i> -02..... | 43 |
| Tabel 3.32 Neraca panas <i>cooler</i> -03..... | 43 |
| Tabel 3.33 Neraca panas <i>cooler</i> -04..... | 43 |
| Tabel 4.1 Rincian penggunaan areal pabrik..... | 50 |
| Tabel 4.2 Jadwal kerja karyawan <i>shift</i> | 65 |
| Tabel 4.3 Penggolongan jabatan dan jumlah karyawan..... | 66 |
| Tabel 4.4 Daftar gaji karyawan..... | 68 |
| Tabel 5.1 Jumlah kebutuhan air proses | 75 |
| Tabel 5.2 Jumlah kebutuhan air umpan <i>boiler</i> | 76 |
| Tabel 5.3 Jumlah kebutuhan air pendingin | 76 |
| Tabel 5.4 Jumlah kebutuhan air sanitasi | 77 |
| Tabel 5.5 Jumlah kebutuhan air | 78 |
| Tabel 5.6 Daya motor untuk peralatan proses..... | 85 |
| Tabel 5.7 Daya motor untuk peralatan utilitas | 86 |
| Tabel 5.8 Kebutuhan listrik pabrik | 87 |
| Tabel 6.1 Index harga alat..... | 91 |
| Tabel 6.2 Physical plant cost(PPC)..... | 98 |
| Tabel 6.3 Direct plant cost | 99 |
| Tabel 6.4 Fixed capital investment | 99 |
| Tabel 6.5 Direct manufacturing cost..... | 99 |
| Tabel 6.6 Indirect manufacturing cost | 99 |
| Tabel 6.7 Fixed manufacturing cost..... | 100 |
| Tabel 6.8 Manufacturing cost | 100 |
| Tabel 6.9 Working capital..... | 100 |
| Tabel 6.10 General expenses | 100 |
| Tabel 6.11 Total production cost | 101 |
| Tabel 6.12 Fixed cost | 101 |
| Tabel 6.13 Variable cost | 101 |
| Tabel 6.14 Regulated cost..... | 101 |
| Tabel 6.15 Kesimpulan evaluasi ekonomi | 103 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|-----|
| Gambar 3.1 Diagram alir kualitatif..... | 17 |
| Gambar 3.2 Diagram alir kuantatif..... | 18 |
| Gambar 4.1 Lokasi pendirian pabrik allyl chloride..... | 44 |
| Gambar 4.2 Tata letak pabrik skala 1:100..... | 51 |
| Gambar 4.3 Tata letak alat proses | 53 |
| Gambar 4.4 Struktur organisasi perusahaan..... | 56 |
| Gambar 5.1 Diagram pengolahan air utilitas..... | 79 |
| Gambar 6.1 Grafik index harga vs tahun..... | 93 |
| Gambar 6.2 Grafik evaluasi ekonomi..... | 103 |



ABSTRAK

Allyl chloride merupakan bahan *intermediate* sebagai penunjang produksi *epichlorohydrin* (bahan dasar produksi polimer, resin dan bahan plastik lainnya) dan *glycerin*. Produksi *allyl chloride* ini memiliki prospek yang cukup baik untuk dikembangkan apabila ditinjau dari potensi bahan baku dan pemakaiannya, akan tetapi hingga saat ini belum terdapat pabrik pembuatan *allyl chloride* di Indonesia, konsumsi *allyl chloride* hanya mengandalkan impor. Melihat adanya prospek pemasaran dan kemungkinan adanya perkembangan konsumsi *allyl chloride*, maka diperlukan kajian untuk mengetahui prospek pendirian pabrik *allyl chloride* secara lebih lanjut melalui pra rancangan pabrik. Pabrik ini direncanakan berdiri di Mekarsari, Cilegon, Banten dengan kapasitas produksi 15.000 ton/tahun yang akan didirikan pada tahun 2027 dan mulai beroperasi pada tahun 2032. Proses produksi *allyl chloride* melalui reaksi *chlorinasi propylene* atau reaksi antara gas *chlorine* dan *propylene* yang berlangsung dalam fase gas pada reaktor *fixed bed multitube*. Reaksi terjadi pada suhu 510 °C dan tekanan 3,2 bar dengan bantuan katalis *ferric chloride*. Reaksi ini menghasilkan produk utama berupa *allyl chloride* dengan kemurnian 99% dan produk samping berupa *1,2-dichloropropane*, dan asam klorida. Dalam proses pembuatan *allyl chloride* membutuhkan bahan baku berupa *propylene* sebesar 2.886,191 kg/jam yang berasal dari PT. Chandra Asri *Petrochemical Center*, Cilegon dan gas *chlorine* sebesar 1.935,442 kg/jam dari PT Asahimas Subsentra Chemical, Cilegon. Kebutuhan utilitas meliputi air sebesar 14.274,088 Kg/Jam, kebutuhan *dowtherm* sebesar 125,645 Kg/Jam, kebutuhan listrik sebesar sebesar 181,848 kWh, kebutuhan bahan bakar sebesar 938.340 Kg/Jam dan kebutuhan udara tekan sebesar 97,863 m³/jam. Hasil evaluasi ekonomi menunjukkan total biaya produksi sebesar Rp. 809.038.149.987,- dan total penjualan sebesar Rp.931.247.859.924,- sehingga diperoleh keuntungan sebelum pajak sebesar Rp. 122.209.709.937,- dan keuntungan setelah pajak sebesar Rp.85.546.796.956,-. Berdasarkan evaluasi ekonomi yang dilakukan, pabrik ini tergolong pabrik resiko rendah dengan *Return of Investment (ROI)* sebelum pajak sebesar 44,18% dan setelah pajak sebesar 30,93%, *Pay Out Time (POT)* sebelum pajak 1,846 tahun dan setelah pajak 2,443 tahun, *Break Even Point (BEP)* sebesar 40,26%, *Shut Down Point (SDP)* sebesar 22,68% dan *Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)* sebesar 16,34 %. Berdasarkan peninjauan bahan baku, kondisi operasi proses, peluang penjualan produk dan hasil evaluasi ekonomi, dapat disimpulkan bahwa pabrik *allyl chloride* dari *propylene* dan gas *chlorine* dengan kapasitas 15.000 ton/tahun layak untuk didirikan.

Kata Kunci : *Allyl chloride, chlorine, propylene, produksi, reaksi.*

ABSTRACT

Allyl chloride is an intermediate material to support the production of epichlorohydrin (basic material for the production of polymers, resins, and other plastic materials) and glycerin. The production of allyl chloride has good prospects to be developed, when viewed from the potential of raw materials and the industrial users, but until now there is no allyl chloride manufacturing plant in Indonesia, and consumption of allyl chloride only relies on imports. Seeing the market prospects and the possible development of consumption of allyl chloride, it is necessary to conduct a market study to determine the prospects for establishing a new factory in the form of factory pre-design. This factory is planned to be established in Mekarsari, Cilegon, Banten with a production capacity of 15,000 tons/year which will be established in 2027 and start operating in 2032. The allyl chloride production process is through the chlorination reaction of propylene or the reaction between chlorine and propylene which takes place in the gas phase in a fixed bed multitube reactor. The reaction occurs at a temperature of 510 °C and a pressure of 3.2 bar with the help of a ferric chloride catalyst. This reaction produces the main product in the form of allyl chloride with a purity of 99% and by-products in the form of 1,2-dichloropropane, and hydrochloric acid. The raw material requirement for propylene is 2,886.191 kg/hour from PT. Chandra Asri Petrochemical Center, Cilegon and chlorine as much as 1,935.442 kg/hour from PT Asahimas Subsentra Chemical, Cilegon. Utility needs include 14,274.088 Kg/hour of water, 125.645 Kg/hour of dowtherm, 181,848 kWh of electricity, 938,340 Kg/hour of fuel and 116.212 m³/hour of compressed air. The results of the economic evaluation show that the total production cost is IDR 809,038,149,987.- and total sales of IDR 931,247,859,924.- so that the profit before tax is IDR 122,209,709,937.- and profit after tax of IDR 85,546,796,956.-. Based on the economic evaluation conducted, this factory is classified as a low-risk factory with a Return of Investment (ROI) before tax of 44.18% and after-tax of 30.93%, Pay Out Time (POT) before tax of 1.846 years and after-tax of 2.443 years, Break-Even Point (BEP) of 40.26%, Shut Down Point (SDP) of 22.68%, and Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR) of 16.34%. Based on a review of raw materials, process operating conditions, product sales opportunities, and economic evaluation results, it can be concluded that an allyl chloride plant from propylene and chlorine with a capacity of 15,000 tons/year is feasible to be established.

Keywords : *Allyl chloride, chlorine, propylene, production, reaction.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di era globalisasi saat ini, sektor industri Indonesia terus berkembang seiring dengan pertumbuhan manusia. Salah satunya sektor industri kimia mentah yang menghasilkan produk jadi untuk diperjualbelikan di pasar dalam negeri dan luar negeri. Industri kimia di Indonesia mengalami perkembangan yang cukup pesat, hal ini dibuktikan dengan meningkatnya ragam bahan kimia yang selaras dengan meningkatnya kebutuhan bahan baku dan bahan penunjang produksinya.

Allyl chloride merupakan salah satu bahan *intermediate* yang menunjang proses pembuatan *epichlorohydrin*, dan, *glycerin*. *Epichlorohydrin* merupakan zat *intermediate* sebagai bahan dasar produksi polimer, resin dan bahan plastik lainnya serta produksi *epoxy resin*. *Epoxy resin* diproduksi dengan mereaksikan fenol polihidrat dengan klorohidrin alifatik atau epoksida alifatik sederhana. *Epoxy* yang paling familiar diperoleh dengan mengkondensasi epiklorohidrin dengan bisphenol A yang menghasilkan molekul resin epoksi dasar. *Allyl chloride* berfungsi dalam peningkatan produksi minyak, detergen, zat warna, pembuatan pestisida, dan juga dalam persiapan dan modifikasi katalis.

Dalam proses pembuatannya, *allyl chloride* ini merupakan produk hasil klorinasi *propylene* pada suhu yang tinggi. Pembuatan *allyl chloride* ini sangat potensial untuk dikembangkan di Indonesia, hal ini ditunjang dengan pertimbangan bahwa pabrik *allyl chloride* ini belum didirikan di Indonesia sehingga untuk memenuhi kebutuhan *allyl chloride* hanya dipenuhi dari impor. Berdasarkan pertimbangan tersebut maka pendirian pabrik *allyl chloride* ini dirasa perlu untuk

mengurangi impor *allyl chloride* dan dapat membantu tumbuhnya pabrik-pabrik baru dengan memanfaatkan *allyl chloride* sebagai bahan bakunya.

1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

Dengan didirikannya pabrik *allyl chloride* dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri, menambah lapangan pekerjaan baru dan menambah devisa negara dengan pengadaan ekspor *allyl chloride*. Perancangan kapasitas pabrik juga didasarkan beberapa pertimbangan seperti ketersediaan bahan baku, kebutuhan produk kedepannya dan kapasitas pabrik yang sudah didirikan di dalam maupun luar negeri.

1.2.1 Supply

Supply terdiri dari penjumlahan data impor dengan produksi dalam negeri.

1.2.1.1 Impor

Data impor untuk 5 tahun terakhir menunjukkan kebutuhan *allyl chloride* yang ditinjau dari UNTRADE(2021) dan selanjutnya disajikan dalam Tabel 1.1 di bawah ini:

Tabel 1.1 Daftar impor

| Tahun | Impor(Ton/tahun) |
|--------------|-------------------------|
| 2015 | 316,8 |
| 2016 | 306,6 |
| 2017 | 211,4 |
| 2018 | 211,9 |
| 2019 | 172,2 |

1.2.1.2 Produk Dalam Negeri

Pabrik yang memproduksi *allyl chloride* di Indonesia belum ada, sehingga produk dalam negeri *allyl chloride* belum tersedia.

1.2.2 Demand

Demand terdiri dari nilai ekspor ditambah dengan konsumsi dalam negeri.

1.2.2.1 Ekspor

Data ekspor produk *allyl chloride* di Indonesia belum tersedia dikarenakan belum terdapat pabrik yang memproduksi *allyl chloride* di Indonesia.

1.2.2.2 Konsumsi Dalam Negeri

Data konsumsi dari produk *allyl chloride* tidak ditemukan, maka diasumsikan bahwa nilai impor produk *allyl chloride* digunakan untuk memenuhi kebutuhan konsumsi dalam negeri. *Allyl chloride* digunakan sebagai bahan *intermediate* salah satunya adalah penunjang produksi resin yang di produksi oleh beberapa pabrik di Indonesia diantaranya adalah PT. Chandra Asri, PT Lotte Chemical, PT Politama Propindo dan PT Glanxterniti Trisinergi Ultima.

Selanjutnya dalam perhitungan proyeksi kebutuhan *allyl chloride* di Indonesia digunakan metode rata-rata persen pertumbuhan, dimana metode ini digunakan dengan mencari % pertumbuhan pada tahun ke-n menggunakan persamaan (1.1)

$$\%Pertumbuhan = \frac{(Konsumsi\ tahun\ n - konsumsi\ tahun\ n-1)}{Konsumsi\ tahun\ n-1} \times 100 \quad (1.1)$$

Selanjutnya diperoleh nilai rata-rata pertumbuhan yang digunakan untuk memperkirakan kebutuhan *allyl chloride* pada tahun-tahun mendatang ditunjukkan pada Tabel 1.2 berikut :

Tabel 1.2 Proyeksi kebutuhan *allyl chloride*

| Tahun | Tahun Ke- | Proyeksi(Ton/tahun) |
|-------|-----------|---------------------|
| 2020 | 5 | 149,5 |
| 2021 | 6 | 129,8 |
| 2022 | 7 | 112,7 |
| 2023 | 8 | 97,82 |
| 2024 | 9 | 84,92 |
| 2025 | 10 | 73,72 |
| 2026 | 11 | 64,00 |
| 2027 | 12 | 55,56 |

Berdasarkan hasil perhitungan dengan estimasi kebutuhan *allyl chloride* menggunakan nilai rata-rata pertumbuhan didapatkan bahwa kebutuhan *Allyl chloride* pada tahun 2027 adalah sebesar 55,56 Ton/tahun.

1.2.4 Kapasitas Pabrik Komersial

Dalam memenuhi kapasitas perancangan maka diperlukan data kapasitas pabrik yang telah didirikan sebelumnya. Tabel 1.3 berikut merupakan beberapa pabrik *allyl chloride* yang berada di dunia dan dijadikan acuan dalam penentuan kapasitas pabrik yang akan didirikan:

Tabel 1.3 Daftar pabrik *allyl chloride*

| No. | Perusahaan | Kapasitas(Ton/tahun) |
|-----|----------------------------------|----------------------|
| 1 | TBWS Corp, Beaumont Texas | 15.000 |
| 2 | Mobile. A. L | 15.000 |
| 3 | La Nueva Cantina, México | 20.000 |
| 4 | Thai Organics, Thailand | 20.000 |
| 5 | Solvay S.A Brussels, Belgium | 20.000 |
| 6 | Shell Chemical Co. Holland | 90.000 |
| 7 | The Dow Chemical, Freeport Texas | 90.000 |

1.2.3 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku yang dibutuhkan untuk memproduksi *allyl chloride*, yaitu *propylene* yang berasal dari PT. Chandra Asri *Petrochemical Center*, Cilegon, Banten dengan kapasitas produksi 490.000 ton/tahun dan *chlorine* berasal dari PT.

Asahimas Subsentra Chemical, Cilegon, Banten dengan kapasitas produksi 67.000 ton/tahun.

1.2.4 Penentuan Kapasitas Perancangan

Dengan mempertimbangkan hal-hal yang telah disebutkan di atas maka ditetapkan kapasitas perancangan pabrik *allyl chloride* yang akan didirikan sebesar 15.000 ton/tahun untuk memenuhi kebutuhan *allyl chloride* dalam negeri dan sisanya untuk di ekspor ke negara-negara tetangga yang membutuhkan.

Kebutuhan *allyl chloride* di Indonesia untuk memenuhi kebutuhan dalam pembuatan resin pada PT. Chandra Asri, PT Lotte Chemical, PT Politama Propindo dan juga sisanya untuk di ekspor ke negara-negara yang membutuhkan *allyl chloride* diantaranya adalah Jepang, India, Korea dan Malaysia dengan proyeksi kebutuhan *allyl chloride* di negara tetangga pada tahun 2027 mencapai 13.000 Ton/Tahun.

1.3 Tinjauan Pustaka

1.3.1. *Allyl Chloride*

Allyl chloride merupakan senyawa yang berupa cairan tak berwarna dan berbau tajam. *Allyl chloride* merupakan bahan *intermediate* yang berperan penting dalam pembuatan *epichlorohydrin* sebagai bahan dasar *epoxy resins*. Selain itu *allyl chloride* juga digunakan dalam proses pembuatan *glycerol sintesi* dan untuk mensintesis senyawa *allyl* termasuk didalamnya phenol dan bisphenol A (Kneupper and Saathoff, 1993).

Allyl chloride komersial yang digunakan untuk produksi diklorohidrin memiliki kemurnian setidaknya 97,5% yang mengandung 1-kloropropena, 1-kloro propena, dan 1,5-hexadiene sebagai pengotor. *Allyl chloride* juga digunakan dalam

pembuatan zat antara untuk produk seperti polimer lain, resin, dan bahan plastik, dalam proses untuk meningkatkan produksi minyak, dalam persiapan dan modifikasi katalis, dan dalam pembuatan pestisida, perekat, *chelating agents*, deterjen, zat warna, perasa, pencerah logam, parfum, obat-obatan, dan urethanes (Olin Corporation, 2016).

Pembuatan *allyl chloride* terdiri dari 3 proses, diantaranya adalah :

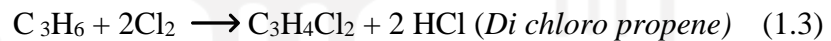
a. *Chlorinasi propylene* pada suhu tinggi

Allyl chloride diproduksi dari klorinasi termal *propylene* pada suhu yang tinggi dan tekanan yang relatif rendah. Reaksi yang terjadi adalah reaksi antara Cl dengan atom H pada *propylene*.

Reaksi Utama



Reaksi Samping



Proses ini sering digunakan karena *allyl chloride* konversi yang digunakan mencapai 96% (Turja, 2011).

b. *Thermal dehydrochlorination 1,2-dichloropropane*

Secara teoritis *allyl chloride* dapat dibuat dengan penambahan klorinasi dari propilen dengan klorin dan diikuti dengan pirolisis 1,2-dichloropropane pada suhu tinggi. Campuran produk yang dihasilkan terdiri dari 55-70% *allyl chloride* dan sekitar 30-40% 1-*chloropropene*. Proses ini beroperasi pada suhu 400-600 °C. Akan tetapi proses ini jarang digunakan di industri karena *allyl chloride* yang dihasilkan relatif rendah (*European Patent Specification*, EP0455644B1).

c. *Oxychlorination propylene*

Proses *oxychlorinasi* ini merupakan pembuatan *allyl chloride* dengan mereaksikan propilen dan HCl serta O₂. Akan tetapi proses ini dinilai kurang menguntungkan karena nilai konversinya yang rendah pada setiap reaktor yang digunakan, sehingga membutuhkan volume reaktor yang besar dan katalis yang digunakan pun cepat rusak (Kirk and Othmer, 1998).

1.3.2 Proses Pembuatan *Allyl Chloride*

Proses pembuatan *allyl chloride* terus mengalami pembaharuan dengan menyesuaikan perkembangan jaman. Proses pembuatan *allyl chloride* dapat dilihat pada Tabel 1.4 sebagai berikut :

Tabel 1.4 Perbedaan proses pembuatan *allyl chloride*

| Parameter | <i>Chlorinasi propylene</i> | <i>Thermal dehydrochlorination 1,2-dichloropropane</i> | <i>Oxychlorination propylene</i> |
|------------------|--|---|---|
| Bahan Baku | <i>Propylene</i> Cl | Cl <i>dichloropropane</i> | <i>Propylen</i> HCl O ₂ |
| Katalis | <i>Ferric chloride</i> (FeCl ₃) | CaCl ₂ Cu/SiO ₂ CaCl ₂ /Al ₂ O ₃ | Palladium, Vanadium, Tellurium, Lithium |
| Suhu , °C | 300-600 | 400-600 | 200-300 |
| Tekanan, bar | 3,2 | 5 | 1 |
| Konversi, % | 90 | 55-70 | 88-94 |
| Selektivitas | 87% | 50% | 70% |
| Reaktor | <i>Fixed bed</i> | <i>Fixed bed</i> | <i>Fluidized bed</i> |
| Kekurangan | Perlu perhatian lebih pada <i>temperature</i> | Konversi <i>allyl chloride</i> rendah | Konversi rendah aktivitas katalis cepat memburuk Alat yang digunakan kompleks |

Setelah memperhatikan ketiga proses pembuatan *allyl chloride* maka dipilih proses nomor 1 yaitu *chlorinasi propylene* dengan pertimbangan bahwa konversi dan selektivitas yang dihasilkan besar dan juga menggunakan bahan yang tersedia

banyak di Indonesia. Selain itu proses lebih sederhana dan biaya pemurnian produk lebih rendah.

1.3.3 Tinjauan Proses Secara Umum

Allyl chloride diproduksi melalui klorinasi *propylene* dengan menggunakan bantuan berupa katalis *ferric chloride*. Reaksi ini menghasilkan *allyl chloride* dan *dichloropropene*. Reaksi pembentukan *allyl chloride* berlangsung dalam fasa gas dan bersifat eksotermis sehingga memerlukan tambahan pendingin. Selain itu reaksi beroperasi pada kondisi non adiabatik non isothermal. Reaktor yang akan digunakan adalah reaktor *fixed bed multitube* dengan kondisi operasi pada tekanan 3,2 bar dan *temperature* 300-600 °C. Kondisi operasi ini dipilih karena pada suhu tersebut tidak terjadi reaksi pembentukan karbon yang tidak diinginkan dan katalis dalam kondisi baik (Turja, 2011). Pada suhu reaktor lebih tinggi dari 500-510 °C, pirolisis spontan akan terjadi sehingga terjadi pembentukan jelaga dan tar dengan titik didih tinggi. Pada suhu reaktor sekitar 600 °C, benzena dapat terbentuk (Krahlings, 2011).

Produksi *allyl Chloride* dengan proses klorinasi propilen ini menggunakan bahan baku propilen dan klorin yang mudah didapatkan dan juga telah digunakan di pabrik *allyl chloride* dunia seperti The Dow Chemical Co., dan Solvay S.A.

1.4 Tinjauan Kinetika

Berikut merupakan daftar nilai kinetika reaksi pada pembuatan *allyl chloride* yang didapatkan dari (Turja,2011).

Reaksi utama ditunjukkan pada persamaan (1.1) didapatkan nilai

$$r_1 = k_1 \times P_{(C_3H_6)} \times P_{(Cl_2)}$$

$$k_1 = 33,01562 \exp\left(\frac{-15118}{RT}\right) \quad (\text{kmol Cl}_2 \text{ reacted / h m}^3)$$

Reaksi samping ditunjukkan pada persamaan (1.2) didapatkan nilai

$$r_2 = k_2 \times P_{(C_3H_6)} \times P^2_{(Cl)}$$

$$k_2 = 185,5 \exp\left(\frac{-13811}{RT}\right) \quad (\text{kmol Cl}_2 \text{ reacted / h m}^3)$$

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Bahan Baku, Bahan Pendukung dan Produk

Tabel 2.1 Spesifikasi bahan baku, bahan pendukung dan produk

| Sifat Fisis | Produk | | | Bahan Baku dan Pendukung | | | |
|-------------------------------------|----------------------------------|----------------|---|-------------------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|
| | <i>Allyl Chloride</i> | Asam Klorida | <i>1,2-dichloropropane</i> | <i>Propylene</i> | <i>Chlorine</i> | Air | <i>Ferri Chloride</i> |
| Rumus molekul | C ₃ H ₅ Cl | HCl | C ₃ H ₄ Cl ₂ | C ₃ H ₆ | Cl | H ₂ O | FeCl ₃ |
| Berat molekul, g/mol | 76,52 | 36,46 | 112,99 | 42,09 | 70,9 | 18 | 162,20 |
| Fasa | Cair | Cair | Cair | Gas | Gas | Cair | Padat |
| Warna | Kuning | Tidak Berwarna | Tidak Berwarna | Tidak Berwarna | Tidak Berwarna, Hijau | Tidak Berwarna | Coklat Tua |
| Titik Didih, °C | 44-46 | 50,5 | 95-96 | -48 | -34 | 100 | 106 |
| Densitas, kg/m ³ (25 °C) | 0,939 | 1,3 | 1,156 | 0,5139 | 2,5 | 1 | 2,9 |
| Kemurnian, % berat | >98 | 32,5 | >95 | 95 | 99,5 | 100 | 98,5 |
| Imnpuritas, % berat | >2 | 68,5 | >5 | 5 | 0,05 | | 1,5 |
| <i>Specific gravity</i> | 0,94 | 1,18 | 1,156 | 1,501 | 1,41 | 1 | 1,26 |

2.2 Sifat Kimia Bahan Baku dan Produk

a. Propilen

- Dapat menghasilkan *allyl chloride*, asam klorida, dan *1,2-dichloropropane* jika ditambahkan dengan gas klorin.
- Dapat menghasilkan H_2O dan CO_2 jika dioksidasi dengan O_2 .
- Dengan penambahan H_2O dapat menghasilkan propanon.
- Dengan penambahan gas H_2 dapat menghasilkan C_3H_8 .

b. Gas Klorin

- Dapat menghasilkan *allyl chloride* dan *1,2-dichloropropane* jika ditambahkan dengan propilen.
- Dapat menghasilkan asam klorida dengan penambahan gas hidrogen.

c. *Allyl chloride*

- Dapat menghasilkan H_2O dan CO_2 jika dioksidasi dengan O_2 .
- Dapat terdekomposisi secara perlahan bila kontak dengan air membentuk asam hidrolis.
- Terdapat aktivitas sebagai klorida berubah dengan kehadiran ikatan rangkap.

d. Asam Klorida

- Dapat menghasilkan $NaCl$ jika ditambahkan $NaOH$.

e. *1,2-dichloropropane*

- Uapnya akan membentuk bahan yang mudah meledak jika bereaksi dengan air.

2.3 Studi Kebahayaan Bahan Baku dan Produk

a. *Allyl Chloride*

- *Flammability*: Mudah terbakar dengan adanya percikan api, *category 3*.
- *Toxicity*: Beracun apabila ditelan dan dihirup.
- *Reactivity*: Tidak reaktif, *category 0*.
- *Body Contact*: Dapat menyebabkan iritasi kulit, dapat mengiritasi mata.
- *Corrosivity*: Bahan tidak mengalami korosi.

b. Asam Klorida

- *Flammability*: Tidak menyebabkan kebakaran, *category 0*.
- *Toxicity*: Berbahaya jika ditelan.
- *Reactivity*: Reaktif terhadap logam, agen oksidasi, bahan organik, dan alkali.
- *Body Contact*: Menyebabkan iritasi kulit dan mata, *category 2*.
- *Corrosivity*: Bahan yang dapat menyebabkan korosi.

c. 1,2 *Dichloropropane*

- *Flammability*: Dapat menyebabkan kebakaran, *category 2*.
- *Toxicity*: Beracun apabila ditelan dan dihirup, dapat menyebabkan kanker.
- *Reactivity*: Tidak reaktif, *category 0*.
- *Body Contact*: Dapat menyebabkan iritasi kulit dan mata.
- *Corrosivity*: Bahan tidak mengalami korosi, *category 0*.

d. *Propylene*

- *Flammability*: Dapat menyebabkan kebakaran, *category 1*.

- *Toxicity*: Beracun apabila ditelan dan dihirup, dapat menyebabkan kanker.
 - *Reactivity*: Reaktif terhadap bahan tertentu, *category* 1.
 - *Body Contact*: Tidak menyebabkan iritasi, *category* 0.
 - *Corrosivity*: Bahan tidak mengalami korosi, *category* 0.
- e. *Chlorine*
- *Flammability*: Mudah terbakar pada bahan pereduksi, bahan organik dan alkali.
 - *Toxicity*: Beracun apabila dihirup.
 - *Reactivity*: Tidak reaktif, *category* 0.
 - *Body Contact*: Dapat menyebabkan luka bakar kulit dan kerusakan mata.
 - *Corrosivity*: Bahan tidak mengalami korosi, *category* 0.
- f. Air
- *Flammability*: Tidak mudah terbakar, *category* 0.
 - *Toxicity*: Tidak beracun, *category* 0.
 - *Reactivity*: Tidak reaktif, *category* 0.
 - *Body Contact*: Tidak menyebabkan iritasi, *category* 0.
 - *Corrosivity*: Bahan tidak mengalami korosi, *category* 0.
- g. *Ferri Chloride*
- *Flammability*: Tidak mudah terbakar, *category* 0.
 - *Toxicity*: Beracun apabila ditelan dan dihirup.
 - *Reactivity*: Tidak reaktif, *category* 0.
 - *Body Contact*: Dapat menyebabkan iritasi kulit, dapat mengiritasi mata.
 - *Corrosivity*: Bahan dapat mengalami korosi pada logam.

2.4 Pengendalian Kualitas

Dalam menjaga kualitas produk yang akan dihasilkan maka harus ada pengendalian kualitas mulai dari bahan baku sampai menjadi produk. Untuk melakukan pengawasan mutu dalam produksi dapat dilakukan analisis di laboratorium atau dengan alat kontrol.

Pengendalian kualitas (*Quality Control*) yang ada pada pabrik *allyl chloride* berikut meliputi pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian kualitas proses, dan pengendalian kualitas dari produknya.

2.4.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas bahan baku bertujuan untuk mengetahui kualitas bahan baku yang digunakan, penyesuaian dengan spesifikasi yang telah ditentukan untuk proses produksi agar proses dapat berjalan pada kondisi yang optimal. Proses penyesuaian spesifikasi dilakukan dengan cara pengujian laboratorium terhadap bahan baku yang berupa *propylen* dan gas *chlorine*.

2.4.2 Pengendalian Kualitas Proses

Untuk menjaga agar semua proses dapat berjalan dengan baik dan kualitas produksi yang sesuai spesifikasi yang diinginkan maka diperlukan pengendalian dan pengawasan menggunakan alat pengendalian yang berpusat di *control room* secara otomatis dan sesuai indikator. Jika terjadi penyimpangan pada indikator baik itu *flow rate* bahan baku atau produk, *level control* ataupun *temperature control* dapat langsung diketahui dari sinyal atau tanda seperti nyala lampu, bunyi alarm dan lain-lain. Secara langsung alat yang menyimpang tersebut langsung diadakan perbaikan dan dikembalikan ke semula dengan cara manual maupun otomatis.

Pengendalian kualitas proses produksi bertujuan agar proses berjalan dengan baik dan mendapatkan hasil dengan mutu dan kapasitas sesuai dengan standar yang berlaku di pabrik. Pengendalian dan pengawasan dilakukan menggunakan alat yang telah disesuaikan dengan kualitas pabrik, seperti :

a. *Level indicator*

Level indicator ini digunakan untuk menunjukkan ketinggian cairan dalam tangki.

b. *Level control*

Level control digunakan sebagai pengendali volume cairan tangki / *vessel* dengan menggunakan *control valve* dalam mengatur *rate* cairan masuk atau keluar proses untuk mendapatkan kondisi operasi yang diinginkan.

c. *Pressure indicator*

Pressure indicator ini digunakan untuk menunjukkan tekanan akhir pada suatu alat.

d. *Pressure control*

Pressure control digunakan sebagai pengendali tekanan dalam suatu alat, jika tidak sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan maka sensor akan menyala.

e. *Temperature control*

Temperature control digunakan sebagai pengendali suhu dan untuk mengatur batasan nilai suhu dalam alat proses, jika tidak sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan maka sensor akan menyala.

f. *Flow Control*

Flow control digunakan sebagai pengendali aliran masuk dan keluar. *Flow control* mengukur kecepatan aliran fluida dalam *pipa line* atau unit proses. *Flow rate* yaitu alat yang dipasang di bagian aliran bahan baku, aliran masuk dan keluar proses dengan tujuan untuk mendapatkan kondisi operasi yang sesuai.

g. *Ratio Control*

Ratio control digunakan sebagai pengendali rasio yang masuk menara distilasi. Mengatur antara kecepatan aliran rasio refluks menara distilasi dengan kecepatan aliran fluida menuju tangki penyimpanan produk.

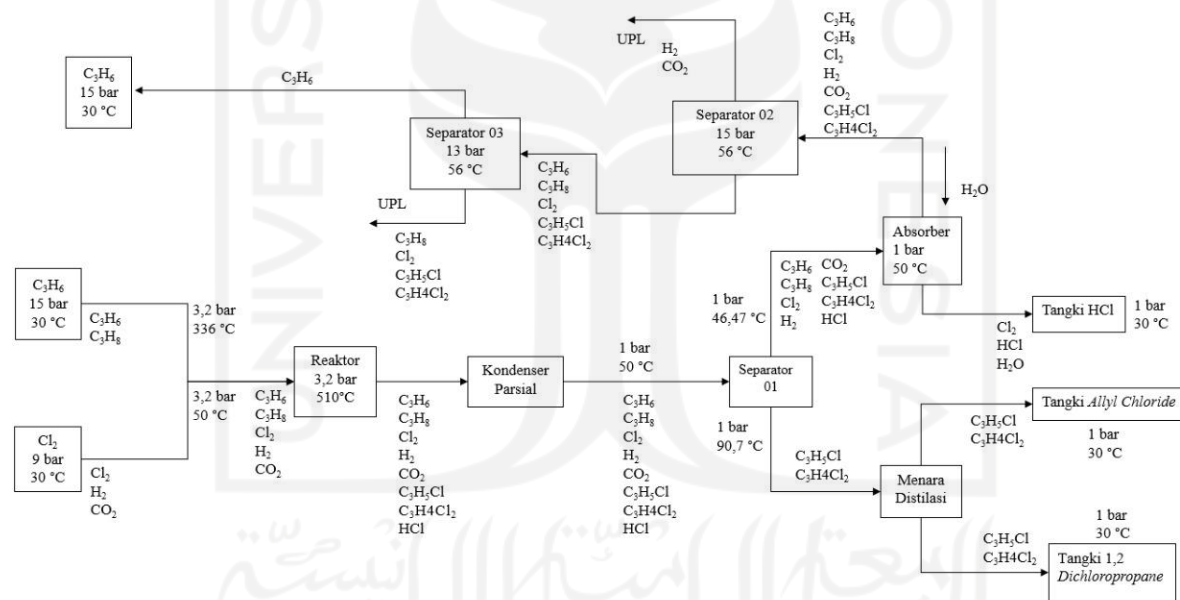
2.4.3 Pengendalian Kualitas Produk

Pengendalian kualitas produk bertujuan untuk menghasilkan produk yang sesuai dengan mutu pabrik dan sesuai standar. Kualitas produk yang akan dipasarkan ke target konsumen harus sesuai standar sehingga bernilai tinggi dan dapat membangun citra perusahaan. Pengendalian kualitas produk diharapkan dapat mengontrol produk yang keluar sesuai dengan yang diinginkan dalam proses pembuatan *allyl chloride* dengan adanya indicator berupa *flow control* dan *ratio control* pada menara distilasi. Kemudian produk akan dipindahkan ke tangki penyimpanan dengan dilengkapi *level indicator* dan *pressure indicator* untuk mengontrol produk yang dihasilkan di dalam tangki.

BAB III PERANCANGAN PROSES

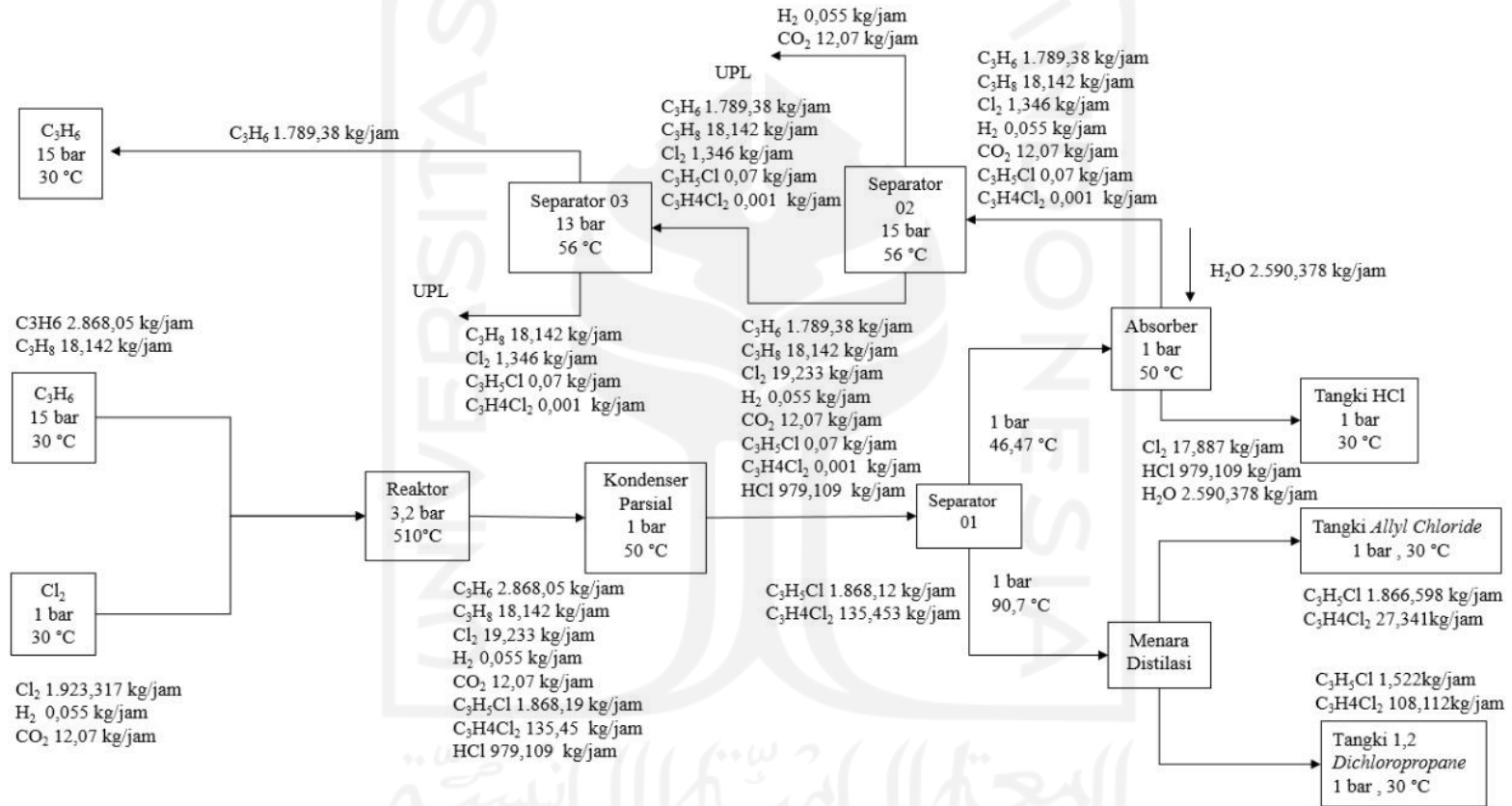
3.1 Diagram Alir Proses dan Material

3.1.1 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 3.1 Diagram alir kualitatif

3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 3.2 Diagram alir kuantitatif

3.2 Uraian Proses

Proses pembuatan *allyl chloride* dengan menggunakan bahan baku *propylene* dan *chloride* secara garis besar terbagi menjadi 3 tahapan, yaitu:

a. Tahap Persiapan Bahan Baku

Bahan baku dalam pembuatan *allyl chloride* ini terdiri dari *propylene* dan *chlorine*. *Propylene* dalam bentuk gas dengan komposisi *propylene* adalah 99,4% vol dan impuritas berupa propane 0,6% vol disimpan fase cair pada suhu 30°C dan tekanan 15 bar dalam tangki T-01. Selanjutnya bahan baku berupa gas *propylene* diturunkan tekanannya menggunakan *expansion valve* EV-01 dari tekanan 15 bar menjadi 3,2 bar kemudian dialirkan menuju *furnace* F-01 untuk dipanaskan hingga suhu 334,376 °C pada tekanan tetap.

Sementara itu bahan baku berupa *chlorine* dalam bentuk gas dengan komposisi *chlorine* adalah 98,9% vol dengan impuritas berupa *hydrogen* 0,1% vol dan karbon dioksida 0,01% vol disimpan fase cair pada suhu 30 °C dan tekanan 9 bar dalam tangki T-02. Selanjutnya gas *chlorine* diturunkan tekanannya menggunakan *expansion valve* EV-02 dari tekanan 1 bar menjadi 3,2 bar.

b. Tahap Pembentukan *Allyl Chloride*

Bahan baku *propylene* dan *chlorine* diumpankan kedalam reaktor R-01 yang sudah berisi katalis padat berupa *ferri chloride* (FeCl_3) dengan menggunakan *jet mixer* yang terletak dibagian bawah R-01. Di dalam reaktor akan terjadi proses klorinasi propilen yang menghasilkan *allyl chloride* dan *1,2-dichloropropane*. Reaktor yang digunakan adalah reaktor

fixed bed multitube dengan kondisi operasi non isothermal dan non adiabatik.

Reaksi yang terjadi di dalam reaktor bersifat eksotermis sehingga memerlukan tambahan pendingin. Panas yang dihasilkan selama reaksi diserap oleh media pendingin berupa *dowtherm A*. Reaktor dioperasikan pada suhu 510 °C dengan tekanan 3,2 bar. Hasil reaksi keluar reaktor kemudian masuk ke dalam *expansion valve* EV-03 untuk menurunkan tekanan dari 3,2 bar menjadi 1 bar. Gas keluaran reaktor yang telah diturunkan tekanannya selanjutnya diumpankan ke dalam kondensor parsial CDP-01 untuk didinginkan lagi sehingga didapatkan campuran dua fase pada suhu 50 °C yang selanjutnya akan dipisahkan oleh separator SP-01.

c. Tahap Pemurnian

Hasil bawah SP-01 yaitu *allyl chloride* dan *1,2-dichloropropane* yang berupa cairan dialirkan menuju menara distilasi MD-01 dengan menggunakan pompa P-01. Sementara itu untuk hasil atas SP-01 berupa gas *propylene, propane, chlorine, hydrogen, carbon dioxide* dan asam klorida serta sedikit komponen *allyl chloride* dan *1,2-dichloropropane* akan menuju absorber dengan media penyerap berupa air untuk mendapatkan produk samping berupa asam klorida.

1) Menara Distilasi

Umpan masuk MD-01 dalam kondisi cair jenuh pada suhu 50 °C dan tekanan 1 bar. Hasil atas MD-01 dengan komposisi *allyl chloride* 99% wt dan *impurities* berupa *1,2-dichloropropane* 1% wt masuk kedalam *condenser* CD-01 untuk diembunkan hingga suhunya berubah menjadi

45,479 °C. Air pendingin yang digunakan pada CD-01 sebanyak 80,23 Kg/jam pada suhu 25 °C tekanan 1 bar. Arus keluar CD-01 akan masuk ke *accumulator* ACC-01 untuk menjaga kontinuitas dan kestabilan aliran keluar CD-01. Selanjutnya sebagian besar cairan akan dialirkan menuju *cooler* CO-01 menggunakan pompa P-02 untuk mendinginkan cairan menjadi 30 °C sebelum masuk ke tangki penyimpanan T-04. Sebagian campuran cairan yang didapatkan akan dikembalikan sebagai *refluks* menuju MD-01 menggunakan pompa P-03.

Sementara itu hasil bawah MD-01 dengan komposisi *1,2-dichloropropane* 98% wt dan *impurities* berupa *allyl chloride* 2% wt masuk kedalam *reboiler* RB-01 untuk diuapkan menggunakan steam sebesar 738,167 Kg/Jam yang beroperasi pada suhu 120 °C. Uap yang dihasilkan dari RB-01 akan dikembalikan kedalam MD-01 sedangkan cairannya akan dipompa menggunakan pompa P-04 sebelum masuk ke *cooler* C-02 untuk diturunkan suhunya menjadi 30 °C sebelum masuk ke tangki penyimpanan T-05.

2) Absorber

Absorpsi dilakukan di menara *absorber* ABS-01 yang beroperasi pada tekanan 1 bar dengan tujuan untuk menyerap HCl dan *chlorine* dengan media penjerap berupa air. Diasumsikan HCl dan *chlorine* dapat larut dalam air sehingga diperoleh larutan HCl dengan konsentrasi 27,3% yang kemudian dialirkan menuju *cooler* CO-03 menggunakan pompa P-03 untuk menurunkan suhu menjadi 30 °C sebelum masuk ke

tangki penyimpanan T-03. *Chlorine* yang tidak terlarut lalu dialirkan menuju *compressor* C-01 bersama gas lainnya pada suhu 35,797 °C.

C-01 berfungsi untuk menaikkan tekanan campuran gas dari 1 bar menjadi 15 bar sehingga sebagian gasnya akan terlikuifikasi dan selanjutnya dipisahkan pada separator SP-02.

Pada separator SP-02 gas yang tidak terlikuifikasi berupa gas *hydrogen* dan *carbon dioxide* akan dialirkan menuju unit pengolahan limbah. Sementara itu gas lain yang terlikuifikasi akan dialirkan menuju *expansion valve* EV-04 untuk diturunkan tekanannya menjadi 13 bar. Pada tekanan 13 bar beberapa komponen yang berada pada fase *liquid* akan masuk ke unit pengolahan limbah. Sementara *propylene* yang berada pada fase gas akan masuk ke dalam *compressor* C-02 untuk dinaikkan tekanannya menjadi 15 bar dan dialirkan menuju tangki penyimpanan sementara untuk selanjutnya dihubungkan secara *batch* dengan tangki penyimpanan *propylene*(T-01). Ketika T-01 sudah habis maka gas *propylene* dari tangki penampungan sementara akan dialirkan menuju T-01 untuk memenuhi kebutuhan *propylene* selanjutnya.

3.3 Spesifikasi Alat

3.3.1 Spesifikasi Reaktor

Tabel 3.1 Spesifikasi reaktor

| Spesifikasi Umum | |
|--------------------------------|--|
| Kode | : R-01 |
| Fungsi | : Tempat berlangsungnya reaksi klorinasi antara <i>propylene</i> dengan <i>chlorine</i> sehingga menghasilkan produk <i>allyl chloride</i> |
| Jenis/Type | : <i>Fixed bed multitube reactor</i> |
| Mode operasi | : Kontinyu |
| Jumlah | : 1 |
| Harga,Rp | : 615.046.658,- |
| Kondisi Operasi | |
| Suhu, °C | : 510 |
| Tekanan, atm | : 3,158 |
| Kondisi proses | : Eksotermis |
| Konstruksi dan Material | |
| Bahan konstruksi | : <i>Carbon Steel 212 Grade B</i> |
| Diameter(ID) <i>shell</i> ,m | : 1,047 |
| Tebal <i>shell</i> ,m | : 0,013 |
| Tinggi total,m | : 7,81 |
| Jenis <i>head</i> | : <i>Torispherical Head</i> |
| Insulasi | |
| Bahan | : <i>Kaolin Insulating Brick</i> |
| Konduktivitas panas, W/m.K | : 0,038 |
| Tebal isolasi, m | : 0,216 |

Tabel 3.1 Spesifikasi reaktor (Lanjutan)

| Spesifikasi Khusus | |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| Jenis katalis | : FeCl_3 |
| Bentuk katalis | : Bola |
| Ukuran katalis, mm | : 3 |
| Tinggi tumpukan katalis,m | : 6.025 |
| Porositas katalis | : 0,517 |
| WHSV/jam | : 0,670 |
| <i>Pressure drop</i> , Psi | : 0,334 |
| Dimensi <i>tube</i> | |
| Bahan konstruksi | : <i>Carbon Steel 212 Grade B</i> |
| Panjang <i>tube</i> ,m | : 7,315 |
| Jumlah <i>tube</i> | : 986 |
| Tipe <i>tube</i> | : <i>Triangular</i> |
| Ukuran <i>pitch</i> ,m | : 0,317 |
| Diameter (ID) <i>tube</i> ,m | : 0,023 |
| Jenis <i>coolant</i> | : <i>Dowtherm A</i> |
| Kebutuhan <i>coolant</i> ,Kg/jam | : 71 |

3.3.2 Spesifikasi Alat Pemisah

3.3.2.1 Separator SP-01

Tabel 3.2 Spesifikasi Separator-01

| Separator-01 | |
|-------------------------|---|
| Nama dan kode | : SP-01 |
| Fungsi | : Memisahkan campuran fasa uap dan cair keluaran reaktor |
| Jenis | : <i>Silinder Vertical Torispherical Head</i> |
| Material | : <i>Stainless Steel SA 240 Grade S Type 304</i> |
| Kondisi Operasi | |
| a. Suhu, °C | : 50 |
| b. Tekanan, atm | : 0,987 |
| Spesifikasi Alat | |
| <i>Shell</i> | |
| a. Diameter luar, m | : 0,736 |
| b. Tebal, m | : 0,005 |
| <i>Head</i> | |
| a. Tinggi, m | : 0,177 |
| b. Tebal, m | : 0,005 |
| Tinggi total, m | : 3,066 |
| Jumlah | : 1 |
| Harga, Rp | : 139.583.946,- |

3.3.2.2 Menara Distilasi

Tabel 3.3 Spesifikasi menara distilasi

| Menara Distilasi-01 | |
|-------------------------------|--|
| Nama dan kode | : MD-01 |
| Fungsi | : Memisahkan C_3H_5Cl dan C_3H_6Cl berdasarkan titik didih |
| Jenis | : <i>Plate Tower</i> |
| Tipe | : <i>Sieve Tray Coloumn</i> |
| Material | : <i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i> |
| Kondisi Operasi (Suhu,°C) | |
| a. Umpan | : 50 |
| b. Distilat | : 46,5 |
| c. <i>Bottom</i> | : 90,7 |
| Spesifikasi Alat | |
| <i>Shell</i> | |
| a. Diameter dalam, m | : 1,663 |
| b. Tebal, m | : 0,005 |
| <i>Head</i> | |
| a. Jenis | : <i>Torispherical Flanged and Dished</i> |
| b. Tebal, m | : 0,006 |
| c. Material | : <i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i> |
| Untuk tipe menara <i>tray</i> | |
| a. Jenis <i>tray</i> | : <i>Sieve Tray</i> |
| b. <i>Feed plate</i> | : 2 |
| c. Jumlah <i>plate</i> aktual | : 7 |
| d. Susunan <i>hole</i> | : <i>Triangular</i> |
| e. Diameter <i>hole</i> ,m | : 0,005 |
| f. <i>Tray spacing</i> | : 0,45 |
| g. Jumlah lubang, buah | : 2.521 |
| Jumlah | : 1 |
| Harga, Rp | : 138.799.358,- |

3.3.2.3 Absorber

Tabel 3.4 Spesifikasi absorber

| Absorber-01 | |
|--|--|
| Nama dan kode | : AB-01 |
| Fungsi | : Menyerap HCl dan Cl ₂ keluaran Separator-01 |
| Jenis | : <i>Packed Tower</i> |
| Material | : <i>Stainless Steel SA 240 Grade S Type 304</i> |
| Kondisi Operasi | |
| a. Tekanan Operasi,atm | : 0,987 |
| b. Tekanan Desain,atm | : 1,184 |
| c. <i>Temperature</i> Operasi, °C | : 50 |
| Spesifikasi Alat | |
| <i>Shell</i> | |
| a. Diameter dalam, m | : 0,763 |
| b. Tinggi,m | : 5,859 |
| c. Tebal, m | : 0,005 |
| <i>Head</i> | |
| a. Jenis | : <i>Torispherical dished head</i> |
| b. Tinggi,m | : 0,188 |
| c. Tebal,m | : 0,005 |
| Untuk tipe menara dengan bahan isian/ <i>packing</i> | |
| a. Jenis <i>packing</i> | : <i>Raschig rings</i> |
| b. Bahan konstruksi | : <i>Raschig rings metal 1 in packing</i> |
| c. Susunan <i>packing</i> | : <i>Regular Packing</i> |
| d. Diameter <i>packing</i> , m | : 0,025 |
| Absorben/ <i>stripping agent</i> | : air |
| Jumlah <i>stages</i> kesetimbangan | : 17 |
| Jumlah | : 1 |
| Harga, Rp | : 291.866.587,- |

3.3.2.4 Separator SP-02

Tabel 3.5 Spesifikasi Separator-02

| Separator-02 | |
|-------------------------|---|
| Nama dan kode | : SP-02 |
| Fungsi | : Memisahkan campuran fasa uap dan cair keluaran Absorber-01 |
| Jenis | : <i>Silinder Vertical Torispherical Head</i> |
| Material | : <i>Stainless Steel SA 240 Grade S Type 304</i> |
| Kondisi Operasi | |
| a. Suhu, °C | : 56 |
| b. Tekanan, atm | : 15 |
| Spesifikasi Alat | |
| <i>Shell</i> | |
| a. Diameter luar, m | : 0,732 |
| b. Tebal, m | : 0,016 |
| <i>Head</i> | |
| a. Tinggi, m | : 0,223 |
| b. Tebal, m | : 0,022 |
| Tinggi total, m | : 3,0145 |
| Jumlah | : 1 |
| Harga, Rp | : 68.288.180,- |

3.3.2.5 Separator SP-03

Tabel 3.6 Spesifikasi Separator-03

| Separator-03 | |
|-------------------------|--|
| Nama dan kode | : SP-03 |
| Fungsi | : Memisahkan campuran fasa uap dan cair keluaran Separator-02 |
| Jenis | : <i>Silinder Vertical Torispherical Head</i> |
| Material | : <i>Stainless Steel SA 240 Grade S Type 304</i> |
| Kondisi Operasi | |
| a. Suhu, °C | : 56 |
| b. Tekanan, atm | : 13 |
| Spesifikasi Alat | |
| <i>Shell</i> | |
| a. Diameter luar, m | : 0,718 |
| b. Tebal, m | : 0,013 |
| <i>Head</i> | |
| a. Tinggi, m | : 0,254 |
| b. Tebal, m | : 0,019 |
| Tinggi total, m | : 2,815 |
| Jumlah | : 1 |
| Harga, Rp | : 92.988.160,- |

3.3.3 Spesifikasi Alat Pendukung

3.3.3.1 Furnace

Tabel 3.7 Spesifikasi Furnace

| Furnace-01 | |
|------------------------|---|
| Nama dan kode | : F-01 |
| Fungsi | : Memanaskan bahan baku propilen dari suhu 30 °C ke 336 °C |
| Jenis | : <i>Fire Box Furnace</i> |
| Material | : <i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i> |
| Kondisi Operasi | |
| a. Suhu masuk, °C | : 30 |
| b. Suhu keluar, °C | : 336,3 |
| c. Tekanan, atm | : 3,158 |
| Beban Panas (Kj/Jam) | : 1.827.979 |
| Jumlah | : 1 |
| SCH | : 140 |
| ID(m) | : 2,134 |
| OD(m) | : 2,629 |
| Dimensi <i>Furnace</i> | |
| Panjang (m) | : 3,048 |
| Lebar (m) | : 0,438 |
| Tinggi(m) | : 0,876 |
| Tinggi Stack (m) | : 5,48 |
| Isolator | |
| Bahan Isolasi | : <i>Kaolin Insulating Firebrick</i> |
| Tebal Isolasi(m) | : 0,002 |
| Harga, Rp | : 2.006.510.140,- |

3.3.3.2 Accumulator

Tabel 3.8 Spesifikasi accumulator

| Accumulator-01 | |
|--------------------------------|---|
| Fungsi | : Sebagai penampung arus keluaran condenser pada menara distilasi, untuk menjaga kontinuitas dan kestabilan aliran keluar |
| Jumlah | : 1 |
| Tipe | : <i>Silinder Horizontal</i> |
| Bahan konstruksi | : <i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i> |
| Kondisi Operasi | |
| Suhu, °C | : 45,48 |
| Tekanan, atm | : 0,987 |
| Spesifikasi Alat | |
| Volume tangki, ft ³ | : 155,9 |
| Diameter tangki, m | : 0,960 |
| Panjang tangki, m | : 5,737 |
| Tebal <i>shell</i> , m | : 0,005 |
| Tebal <i>head</i> , m | : 0,005 |
| Tinggi <i>head</i> , m | : 0,231 |
| Panjang tangki, m | : 6,20 |
| Harga, Rp | : 83.427.815,- |

3.3.4 Spesifikasi Alat Penyimpanan

3.3.4.1 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan Baku

Tabel 3.9 Spesifikasi alat penyimpanan bahan baku

| Tangki | | T-01 | T-02 |
|------------------------|---------------------------------|--|--|
| Fungsi | | Menyimpan kebutuhan bahan baku C ₃ H ₆ | Menyimpan kebutuhan bahan baku Cl ₂ |
| Lama Penyimpanan, hari | | 14 | 14 |
| Fasa | | Cair | Cair |
| Jumlah Tangki | | 1 | 1 |
| Jenis Tangki | | Silinder Vertikal | Silinder Vertikal |
| Kondisi Operasi | Suhu (°C) | 30 | 20 |
| | Tekanan (bar) | 15 | 9 |
| Spesifikasi | Bahan konstruksi | <i>Carbon Steels SA-283 Grade C</i> | <i>Stainless Steel SA 240 Grade S Type 304</i> |
| | Volume tangki (m ³) | 2.348 | 559,4 |
| | Diameter (m) | 21,34 | 13,72 |
| | Tebal <i>shell</i> (m) | 0,005 | 0,005 |
| | <i>Course 1</i> (m) | 0,005 | 0,005 |
| | <i>Course 2</i> (m) | 0,005 | 0,005 |
| | <i>Course 3</i> (m) | 0,005 | 0,005 |
| | <i>Course 4</i> (m) | 0,005 | |
| Head & Bottom | Jenis | <i>Torrispherical Flat Bottom</i> | <i>Torrispherical Flat Bottom</i> |
| | Tebal(m) | 0,005 | 0,006 |
| Harga (Rupiah) | | 4.536.078.680,- | 1.785.663.260,- |

3.3.4.2 Spesifikasi Alat Penyimpanan Produk

Tabel 3.10 Spesifikasi alat penyimpan produk

| Tangki | | T-03 | T-04 |
|------------------------|---------------------------------|--|------------------------------------|
| Fungsi | | Menyimpan produk atas absorber | Menyimpan produk atas MD-01 |
| Lama Penyimpanan, hari | | 14 | 14 |
| Fasa | | Cair | Cair |
| Jumlah Tangki | | 1 | 1 |
| Jenis Tangki | | Silinder Vertikal | Silinder Vertikal |
| Kondisi Operasi | Suhu (°C) | 30 | 30 |
| | Tekanan (bar) | 1 | 1 |
| Spesifikasi | Bahan konstruksi | <i>Stainless Steel SA 240 Grade S Type 304</i> | <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i> |
| | Volume tangki (m ³) | 1.514,6 | 2.263 |
| | Tebal <i>shell</i> (m) | 0,005 | 0,005 |
| | Diameter (m) | 18,29 | 21,34 |
| | <i>Course 1</i> (m) | 0,005 | 0,005 |
| | <i>Course 2</i> (m) | 0,005 | 0,005 |
| | <i>Course 3</i> (m) | 0,005 | 0,005 |
| | <i>Course 4</i> (m) | 0,005 | 0,005 |
| | <i>Course 5</i> (m) | | 0,005 |
| Head & Bottom | Jenis | <i>Torrispherical Flat Bottom</i> | <i>Torrispherical Flat Bottom</i> |
| | Tebal(m) | 0,005 | 0,005 |
| Harga (Rupiah) | | 3.411.503.120,- | 4.428.561.120,- |

Tabel 3.10 Spesifikasi alat penyimpan produk (Lanjutan)

| Tangki | | T-05 | T-S |
|------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|--|
| Fungsi | | Menyimpan produk bawah MD-01 | Menyimpan propilen sementara dari <i>recycle</i> |
| Lama Penyimpanan, hari | | 14 | 14 |
| Fasa | | Cair | Cair |
| Jumlah Tangki | | 1 | 1 |
| Jenis Tangki | | Silinder Vertikal | Silinder Vertikal |
| Kondisi Operasi | Suhu (°C) | 30 | 30 |
| | Tekanan (atm) | 1 | 15 |
| Spesifikasi | Bahan konstruksi | <i>Carbon Steels SA-381 Grade C</i> | <i>Carbon Steels SA-381 Grade C</i> |
| | Volume tangki (m ³) | 37,4 | 1.455,82 |
| | Tebal <i>shell</i> (m) | 0,005 | 0,005 |
| | Diameter (m) | 6,096 | 18,29 |
| | <i>Course 1</i> (m) | 0,005 | 0,005 |
| | <i>Course 2</i> (m) | 0,005 | 0,005 |
| | <i>Course 3</i> (m) | | 0,005 |
| | <i>Course 4</i> (m) | | 0,005 |
| Head & Bottom | Jenis | <i>Torrispherical Flat Bottom</i> | <i>Torrispherical Flat Bottom</i> |
| | Tebal(m) | 0,005 | 0,005 |
| Harga (Rupiah) | | 335.629.140,- | 3.324.326.720,- |

3.3.5 Spesifikasi Alat Transportasi

Tabel 3.11 Spesifikasi alat transportasi bahan (cair)

| Parameter | P-01 | P-02 | P-03 | P-04 |
|--------------------------------|--|--|--|--|
| Fungsi | Mengalirkan cairan SP-01 ke MD-01 | Mengalirkan reflux ACC ke MD-01 | Mengalirkan produk dari ACC ke T-03 | Mengalirkan Produk Reboiler ke T-02 |
| Nama bahan | C ₃ H ₅ Cl dan C ₃ H ₄ Cl ₂ | C ₃ H ₅ Cl dan C ₃ H ₄ Cl ₂ | C ₃ H ₅ Cl dan C ₃ H ₄ Cl ₂ | C ₃ H ₅ Cl dan C ₃ H ₄ Cl ₂ |
| Viskositas, cP | 0,271 | 0,267 | 0,267 | 0,37 |
| Kapasitas, m ³ /jam | 6,3 | 10,45 | 6,743 | 0,121 |
| <i>Pump Head</i> , m | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Suhu fluida, °C | 50 | 45,48 | 45,48 | 92,14 |
| Jenis Pompa | <i>Centrifugal Pumps</i> | <i>Centrifugal Pumps</i> | <i>Centrifugal Pumps</i> | <i>Centrifugal Pumps</i> |
| Daya Motor, Watt | 0,938 | 1,223 | 0,938 | 0,036 |
| Material Construction | <i>Commerical Steel</i> | <i>Commerical Steel</i> | <i>Commerical Steel</i> | <i>Commerical Steel</i> |
| Harga, Rupiah | 40.769.496,- | 26.995.625,- | 22.927.393,- | 7.264.700,- |

Tabel 3.12 Spesifikasi alat transportasi bahan (gas)

| Parameter | C-01 | C-02 |
|----------------------------|---|--|
| Fungsi | Menaikkan tekanan dari absorber ke separator-02 | Menaikkan tekanan sebelum masuk tangki penyimpanan sementara |
| Tipe | <i>Centrifugal multistage</i> | <i>Centrifugal multistage</i> |
| Bahan Konstruksi | <i>Carbon steel SA 283 Grade C</i> | <i>Carbon steel SA 283 Grade C</i> |
| Kondisi Operasi | Pin, atm | 0,987 |
| | Pout, atm | 14,81 |
| | Tin, °C | 35,8 |
| | Tout, °C | 56,23 |
| Jumlah <i>stage</i> , buah | 3 | 1 |
| Power, Hp | 3,853 | 0,0879 |
| Harga, Rp | 84.270.520,- | 4.358.820,- |

Tabel 3.12 Spesifikasi alat transportasi bahan gas (Lanjutan)

| Parameter | | EV-01 | EV-02 | EV-03 | EV-04 |
|----------------------------|------------|------------------------------------|------------------------------------|--|--|
| Fungsi | | Menurunkan tekanan keluaran T-01 | Menurunkan tekanan keluaran T-02 | Menurunkan tekanan keluaran reaktor | Menurunkan tekanan keluaran SP-2 |
| Tipe | | <i>Globe Valve</i> | <i>Globe Valve</i> | <i>Globe Valve</i> | <i>Globe Valve</i> |
| Bahan Konstruksi | | <i>Carbon steel SA 283 Grade C</i> | <i>Carbon steel SA 283 Grade C</i> | <i>Stainless Steel SA 240 Grade S Type 304</i> | <i>Stainless Steel SA 240 Grade S Type 304</i> |
| Kondisi Operasi | T(°C) | 30 | 30 | 510 | 56,23 |
| | Pin (atm) | 14,8 | 8,882 | 3,158 | 14,61 |
| | Pout (atm) | 3,158 | 3,158 | 0,987 | 12,83 |
| Ukuran Pipa | | | | | |
| ID(m) | | 0,154 | 0,102 | 0,307 | 0,102 |
| OD(m) | | 0,168 | 0,114 | 0,324 | 0,114 |
| SCH | | 40 | 40 | 30 | 40 |
| Ips(m) | | 0,127 | 0,102 | 0,305 | 0,102 |
| Luas Area(m ²) | | 0,018 | 0,008 | 0,074 | 0,008 |
| Panjang Ekuivalen (m) | | 57,912 | 45,72 | 94,488 | 45,72 |
| Jumlah | | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Harga, Rp | | 11.187.638,- | 4.315.232,- | 63.827.654,- | 95.603.452,- |

3.3.6 Spesifikasi Alat Penukar Panas

3.3.6.1 Condensor Parsial

Tabel 3.13 Spesifikasi condensor parsial

| <i>Operating Condition</i> | | | | |
|---------------------------------|-------------------|-------|------------------|---------|
| <i>Position</i> | <i>Shell</i> | | <i>Tube</i> | |
| <i>Fluid</i> | <i>Dowtherm</i> | | <i>Gasses</i> | |
| <i>Fluid Type</i> | <i>Cold Fluid</i> | | <i>Hot Fluid</i> | |
| | in | out | in | Out |
| <i>Liquid Flowrate (kg/jam)</i> | 34 | 34 | - | - |
| <i>Vapor Flowrate (kg/jam)</i> | - | - | 4.821,6 | 4.821,6 |
| <i>Temperature (°C)</i> | 30 | 350 | 510 | 50 |
| <i>Pressure (atm)</i> | 0,987 | 0,987 | 0,987 | 0,987 |

Tabel 3.13 Spesifikasi condensor parsial (Lanjutan)

| Mechanical Design | | | |
|---|-----------------|---|--------------|
| Shell | | Tube | |
| <i>Length</i> | | <i>Length (ft)</i> | 24 |
| <i>Passes</i> | 1 | <i>Passes</i> | 6 |
| <i>ID (in)</i> | 17,25 | <i>OD (in)</i> | 0,75 |
| <i>Baffle Spaces</i> | 5,175 | <i>Number of tube</i> | 172 |
| | | <i>A (in²)</i> | 0,334 |
| | | <i>BWG</i> | 18 |
| | | <i>Pitch</i> | 1 Triangular |
| $\Delta P_{cal} / \Delta P_{allow}$ (psi) | 0,324/10 | $\Delta P_{cal} / \Delta P_{allow}$ (psi) | 0,3 |
| <i>Rd cal/Rd min</i> | 0,009/0,002 | <i>Rd cal/Rd min</i> | 0,009/0,002 |
| Harga,Rp | 1.178.334.340,- | | |

3.3.6.2 Condensor

Tabel 3.14 Spesifikasi condensor

| Operating Condition | | | | |
|---------------------------------|-------------------|-------|-------------------|---------|
| <i>Position</i> | <i>Annulus</i> | | <i>Inner Pipe</i> | |
| <i>Fluid</i> | <i>Water</i> | | <i>Gasses</i> | |
| <i>Fluid Type</i> | <i>Cold Fluid</i> | | <i>Hot Fluid</i> | |
| | in | out | in | Out |
| <i>Liquid Flowrate (kg/jam)</i> | 80,23 | 80,23 | - | - |
| <i>Vapor Flowrate</i> | - | - | 1.893,9 | 1.893,9 |
| <i>Temperature (°C)</i> | 30 | 45 | 46,48 | 45,48 |
| <i>Pressure (atm)</i> | 1 | 1 | 1,018 | 1,018 |

| Mechanical Design | | | |
|---|---------------|---|-------------|
| Annulus | | Inner Pipe | |
| <i>Length (ft)</i> | 20 | <i>Length (ft)</i> | 20 |
| <i>Hairpin</i> | 1 | <i>Hairpin</i> | 4 |
| <i>ID (in)</i> | 6,065 | <i>ID (in)</i> | 2,067 |
| | | <i>OD (in)</i> | 2,38 |
| | | <i>A (in²)</i> | 0,622 |
| | | <i>BWG</i> | 18 |
| $\Delta P_{cal} / \Delta P_{allow}$ (psi) | 0,002/10 | $\Delta P_{cal} / \Delta P_{allow}$ (psi) | 0,002/10 |
| <i>Rd cal/Rd min</i> | 0,086/0,004 | <i>Rd cal/Rd min</i> | 0,086/0,004 |
| Harga,Rp | 392.293.800,- | | |

3.3.6.3 Reboiler

Tabel 3.15 Spesifikasi reboiler

| Operating Condition | | | | |
|------------------------------------|-----------------------|--------|-------------------|--------|
| <i>Position</i> | <i>Annulus</i> | | <i>Inner Pipe</i> | |
| <i>Fluid</i> | <i>Liquid Organic</i> | | <i>Steam</i> | |
| <i>Fluid Type</i> | <i>Cold Fluid</i> | | <i>Hot Fluid</i> | |
| | in | out | in | Out |
| <i>Liquid Flowrate</i> (kg/jam) | 172,46 | 172,46 | - | - |
| <i>Vapor Flowrate</i> | - | - | 738,17 | 738,17 |
| <i>Temperature (°C)</i> | 90,02 | 91,9 | 120 | 120 |
| <i>Pressure (bar)</i> | 1 | 1 | 1 | 1 |

| Mechanical Design | | | |
|---|----------------------------|---|------------------|
| <i>Annulus</i> | | <i>Inner Pipe</i> | |
| <i>Length (ft)</i> | 24 | <i>Length (ft)</i> | 24 |
| <i>Passes</i> | 4 | <i>Passes</i> | 4 |
| <i>ID (in)</i> | 4,026 | <i>OD (in)</i> | 2,38 |
| <i>Baffle Spaces</i> | 3 | <i>Number</i> | 14 |
| | | <i>A (in²)</i> | 151,8 |
| | | <i>BWG</i> | 18 |
| | | <i>Pitch</i> | 1 1/4 Triangular |
| $\Delta P_{cal} / \Delta P_{allow}$ (psi) | $4,11 \times 10^{-8} / 10$ | $\Delta P_{cal} / \Delta P_{allow}$ (psi) | 0,001/10 |
| <i>Rd cal/Rd min</i> | 0,427/0,002 | <i>Rd cal/Rd min</i> | 0,427/0,002 |
| Harga,Rp | 296.399.760,- | | |

3.3.6.4 Cooler

Tabel 3.16 Spesifikasi cooler

| Parameter | CO-01 | CO-02 | CO-03 | CO-04 |
|--------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--|------------------------------------|
| Fungsi | Menurunkan suhu sebelum masuk T-04 | Menurunkan suhu sebelum masuk T-05 | Menurunkan suhu sebelum masuk T-03 | Menurunkan suhu sebelum masuk T-S |
| Tipe | <i>Double Pipe Heat Exchanger</i> | <i>Double Pipe Heat Exchanger</i> | <i>Double Pipe Heat Exchanger</i> | <i>Double Pipe Heat Exchanger</i> |
| Kondisi operasi | | | | |
| Suhu masuk, °C | 45,38 | 92,14 | 35,80 | 62,06 |
| Suhu keluar, °C | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Tekanan, atm | 0,987 | 0,987 | 0,987 | 14,805 |
| Jenis bahan | <i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i> | <i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i> | <i>Stainless Steel SA 240 Grade S Type 304</i> | <i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i> |
| Luas permukaan, m ² | 14,10 | 14,10 | 14,10 | 14,10 |
| Rd/Rdmin | 0,033/0,004 | 0,556/0,004 | 0,005/0,004 | 0,020/0,004 |
| Jumlah alat | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Harga, Rp | 167.945.335,- | 167.945.335,- | 167.945.335,- | 167.945.335,- |

3.4 Neraca Massa

3.4.1 Neraca Massa Total

Tabel 3.17 Neraca massa total

| Komponen | Input(Kg/Jam) | Output(Kg/Jam) |
|---|------------------|------------------|
| C ₃ H ₆ | 2.868,05 | 1.789,38 |
| C ₃ H ₈ | 18,142 | 18,142 |
| Cl ₂ | 1.923,317 | 19,233 |
| H ₂ | 0,055 | 0,055 |
| CO ₂ | 12,070 | 12,070 |
| C ₃ H ₅ Cl | 0 | 1.868,19 |
| C ₃ H ₄ Cl ₂ | 0 | 135,454 |
| HCl | 0 | 979,109 |
| H ₂ O | 2.590,378 | 2.590,378 |
| Total | 7.412,012 | 7.412,012 |

3.4.2 Neraca Massa Alat

Tabel 3.18 Neraca massa reaktor

| Komponen | Input(Kg/Jam) | Output(Kg/Jam) |
|---|------------------|------------------|
| C ₃ H ₆ | 2.868,05 | 1.789,38 |
| C ₃ H ₈ | 18,142 | 18,142 |
| Cl ₂ | 1.923,317 | 19,233 |
| H ₂ | 0,055 | 0,055 |
| CO ₂ | 12,070 | 12,070 |
| C ₃ H ₅ Cl | 0 | 1.868,19 |
| C ₃ H ₄ Cl ₂ | 0 | 135,454 |
| HCl | 0 | 979,109 |
| Total | 4.821,634 | 4.821,634 |

Tabel 3.19 Neraca massa condensor parsial dan Separator-01

| Komponen | Input(Kg/Jam) | Output(Kg/Jam) | |
|---|------------------|------------------|------------------|
| | | Liquid | Vapor |
| C ₃ H ₆ | 1.789,38 | 1.789,38 | 0 |
| C ₃ H ₈ | 18,142 | 18,142 | 0 |
| Cl ₂ | 19,233 | 19,233 | 0 |
| H ₂ | 0,055 | 0,055 | 0 |
| CO ₂ | 12,070 | 12,070 | 0 |
| C ₃ H ₅ Cl | 1.868,19 | 0,07 | 1.868,12 |
| C ₃ H ₄ Cl ₂ | 135,454 | 0,001 | 135,453 |
| HCl | 979,109 | 979,109 | 0 |
| Total | 4.821,634 | 2.818,061 | 2.003.573 |
| | | 4.821,634 | |

Tabel 3.20 Neraca massa menara distilasi

| Komponen | Input(Kg/Jam) | Output(Kg/Jam) | |
|---|------------------|------------------|----------------|
| | | Distilat | Bottom |
| C ₃ H ₅ Cl | 1.868,120 | 1.866,598 | 1,526 |
| C ₃ H ₄ Cl ₂ | 135,453 | 27,341 | 108,112 |
| Total | 2.003,573 | 1,893,939 | 109,633 |
| | | 2.003,573 | |

Tabel 3.21 Neraca massa absorber

| Komponen | Input(Kg/Jam) | Output(Kg/Jam) | |
|---|------------------|------------------|------------------|
| | | Liquid | Vapor |
| C ₃ H ₆ | 1.789,38 | 1.789,38 | 0 |
| C ₃ H ₈ | 18,142 | 18,142 | 0 |
| Cl ₂ | 19,233 | 1,346 | 17,889 |
| H ₂ | 0,055 | 0,055 | 0 |
| CO ₂ | 12,070 | 12,070 | 0 |
| C ₃ H ₅ Cl | 0,07 | 0,07 | 0 |
| C ₃ H ₄ Cl ₂ | 0,001 | 0,001 | 0 |
| HCl | 979,109 | 0 | 979,109 |
| H ₂ O | 2.590,378 | 0 | 2.590,378 |
| Total | 5.408,439 | 1.821,065 | 3.587,374 |
| | | 5.408,439 | |

Tabel 3.22 Neraca massa Separator-02

| Komponen | Input(Kg/Jam) | Output(Kg/Jam) | |
|---|------------------|------------------|------------------|
| | | Liquid | Vapor |
| C ₃ H ₆ | 1.789,38 | 0 | 1.789,38 |
| C ₃ H ₈ | 18,142 | 0 | 18,142 |
| Cl ₂ | 1,346 | 0 | 1,346 |
| H ₂ | 0,055 | 0,055 | 0 |
| CO ₂ | 12,070 | 12,070 | 0 |
| C ₃ H ₅ Cl | 0,07 | 0 | 0,07 |
| C ₃ H ₄ Cl ₂ | 0,001 | 0 | 0,001 |
| HCl | 0 | 0 | 0 |
| H ₂ O | 0 | 0 | 0 |
| Total | 1.821,065 | 12,126 | 1.808,939 |
| | | 1.821,065 | |

Tabel 3.23 Neraca massa Separator-03

| Komponen | Input(Kg/Jam) | Output(Kg/Jam) | |
|---|------------------|------------------|---------------|
| | | Liquid | Vapor |
| C ₃ H ₆ | 1.789,38 | 1.789,38 | 0 |
| C ₃ H ₈ | 18,142 | 0 | 18,142 |
| Cl ₂ | 1,346 | 0 | 1,346 |
| C ₃ H ₅ Cl | 0,07 | 0 | 0,07 |
| C ₃ H ₄ Cl ₂ | 0,001 | 0 | 0,001 |
| Total | 1.808,939 | 1.789,38 | 19,939 |
| | | 1.808,939 | |

3.5 Neraca Panas

Tabel 3.24 Neraca panas *furnace*

| Input (KJ/Jam) | | Output (KJ/Jam) | |
|----------------|------------------|-----------------|------------------|
| Q Umpan | 22.413 | Q Produk | 1.850.392 |
| Beban Panas | 1.827.979 | | |
| Total | 1.850.392 | Total | 1.850.392 |

Tabel 3.25 Neraca panas *jet mixer*

| Input (KJ/Jam) | | Output (KJ/Jam) | |
|----------------|------------------|-----------------|------------------|
| Q1 | 1.850.392 | Q Out | 1.855.031 |
| Q2 | 4.638 | | |
| Total | 1.855.031 | Total | 1.855.031 |

Tabel 3.26 Neraca panas reaktor

| Input (KJ/Jam) | | Output (KJ/Jam) | |
|----------------|------------------|-----------------|------------------|
| Q Umpan | 1.855.108 | Q Reaksi | 5.665.449 |
| Q Pendingin | 7.628.557 | Q Produk | 3.818.216 |
| Total | 9.483.666 | Total | 9.483.666 |

Tabel 3.27 Neraca panas condensor parsial

| Input (KJ/Jam) | | Output (KJ/Jam) | |
|----------------|------------------|-----------------|------------------|
| Q Umpan | 3.817.581 | Q Produk Gas | 91.741 |
| | | Q Produk Cair | 74.122 |
| | | Q Pendingin | 3.651.716 |
| Total | 3.817.581 | Total | 3.817.581 |

Tabel 3.28 Neraca panas menara distilasi

| Input (KJ/Jam) | | Output (KJ/Jam) | |
|-----------------------|------------------|------------------------|------------------|
| Q Umpan | 74.122 | Q Distilat | 41.763 |
| Q Reboiler | 1.625.666 | Q Bottom | 8.870 |
| | | Q Condensor | 1.649.154 |
| Total | 1.699.789 | Total | 1.699.789 |

Tabel 3.29 Neraca panas absorber

| Input (KJ/Jam) | | Output (KJ/Jam) | |
|-----------------------|----------------|------------------------|----------------|
| Q Umpan Liquid | 43.871 | Q Produk Liquid | 102.179 |
| Q Umpan Gas | 91.741 | Q Produk Gas | 33.433 |
| Total | 135.613 | Total | 135.613 |

Tabel 3.30 Neraca panas *cooler-01*

| Input (KJ/Jam) | | Output (KJ/Jam) | |
|-----------------------|---------------|------------------------|---------------|
| Qin | 57.832 | Q Out | 13.966 |
| | | Q Pendingin | 43.865 |
| Total | 57.832 | Total | 57.832 |

Tabel 3.31 Neraca panas *cooler-02*

| Input (KJ/Jam) | | Output (KJ/Jam) | |
|-----------------------|--------------|------------------------|--------------|
| Qin | 9.068 | Qout | 650 |
| | | Qpendingin | 8.417 |
| Total | 9.068 | Total | 9.068 |

Tabel 3.32 Neraca panas *cooler-03*

| Input (KJ/Jam) | | Output (KJ/Jam) | |
|-----------------------|----------------|------------------------|----------------|
| Qin | 146.731 | Qout | 67.779 |
| | | Qpendingin | 78.952 |
| Total | 146.731 | Total | 146.731 |

Tabel 3.33 Neraca panas *cooler-04*

| Input (KJ/Jam) | | Output (KJ/Jam) | |
|-----------------------|----------------|------------------------|----------------|
| Qin | 194.781 | Qout | 24.713 |
| | | Qpendingin | 170.067 |
| Total | 194.781 | Total | 194.781 |

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik berpengaruh terhadap beroperasinya pabrik *allyl chloride* secara teknis maupun ekonomis. Pabrik *allyl chloride* direncanakan akan dibangun di kecamatan Mekarsari, Cilegon, Banten. Adapun pertimbangan pemilihan lokasi pabrik didasarkan oleh beberapa faktor diantaranya adalah ketersediaan bahan baku, transportasi, pemasaran, tenaga kerja, kondisi lingkungan dan utilitas. Gambar 4.1 berikut merupakan kawasan yang dipilih sebagai lokasi pendirian pabrik *allyl chloride* yang didapatkan dari *Google Earth* (2022).



Gambar 4.1 Lokasi pendirian pabrik *allyl chloride*

Kawasan Cilegon Banten yang ditunjukkan pada Gambar 4.1 dipilih sebagai lokasi berdirinya pabrik *allyl chloride* dengan mempertimbangkan beberapa aspek untuk selanjutnya dibagi menjadi faktor primer dan sekunder.

1. Faktor Primer

Faktor primer meliputi proses produksi dan distribusi pabrik yang berpengaruh langsung dalam pemilihan lokasi pabrik diantaranya adalah:

a. Ketersediaan bahan baku

Lokasi pemilihan pabrik harus berdekatan dengan lokasi sumber bahan baku. Bahan baku yang digunakan merupakan *propylene* dari PT. Chandra Asri Petrochemical Centre, Cilegon dan *chlorine* yang didapatkan dari PT. Asahimas Subsentra Chemical Cilegon.

b. Pemasaran produk

Lokasi pabrik harus mendekati dengan keberadaan konsumen. Pemasaran produk merupakan salah satu yang mempengaruhi kelayakan proses dan menjamin kelangsungan pabrik. *Allyl chloride* merupakan produk *intermediate* dan banyak dibutuhkan pada kawasan industri.

c. Sarana transportasi

Penetapan lokasi pendirian pabrik *allyl chloride* di Cilegon, Banten memenuhi kriteria lokasi dengan pertimbangan beberapa infrastruktur berikut :

- Transportasi Darat

Jarak antara lokasi bahan baku *propylene* yang didapatkan dari PT Chandra Asri Petrochemical dengan kawasan pendirian pabrik di kecamatan Mekarsari Cilegon dapat ditempuh dengan menggunakan transportasi darat dengan jarak kurang lebih 25 km. Sementara itu bahan baku *chlorine* dari PT Asahimas Subentra Chemical dapat ditempuh dengan jarak kurang lebih 24 km.

- Transportasi Udara

Selanjutnya transportasi udara dapat dilakukan pada Bandar Udara Soekarno-Hatta International Airport yang berada di Kota Tangerang,

Banten. Dimana jarak dari lokasi pendirian pabrik ke bandara berada sejauh kurang lebih 110 km.

- Transportasi Laut

Jarak antara lokasi pendirian pabrik *allyl chloride* berdekatan dengan Pelabuhan Mekar Sari dan Pelabuhan Indonesia II.

d. Ketersediaan tenaga kerja

Lokasi pendirian pabrik *allyl chloride* berada dekat dengan perumahan warga dan beberapa lokasi pabrik lain. Tenaga kerja yang ada berpotensi memiliki pendidikan dan keahlian yang diperlukan karena dekat dengan beberapa perguruan tinggi seperti Politeknik Krakatau, Institut Teknologi Indonesia (ITI) dan lain-lain.

e. Kebutuhan air dan listrik

Dalam pendirian pabrik, perlu diperhatikan terkait kebutuhan tenaga listrik dan air yang digunakan. Kebutuhan air yang diperlukan pabrik diperoleh dari sumber pasokan air yang terletak dekat dengan lokasi pendirian pabrik yaitu dari air laut. Sementara itu kebutuhan listrik didapatkan dari PLT unit PLTU Suralaya dan generator sebagai cadangan apabila listrik dari PLN mengalami gangguan.

2. Faktor Sekunder

Faktor sekunder tidak secara langsung berperan dalam proses operasional pabrik, akan tetapi berpengaruh dalam kelancaran operasional pabrik. Faktor sekunder dalam pemilihan pabrik diantaranya adalah :

a. Perluasan pabrik

Faktor perluasan pabrik berkaitan dengan pertimbangan adanya ekspansi pabrik dalam kurun waktu 10 hingga 20 tahun kedepan. Hal ini penting untuk dipertimbangkan agar tidak kesulitan dalam mencari lahan perluasan.

b. Perizinan

Pemerintah setempat telah menetapkan Cilegon, Banten sebagai kawasan industri yang sangat terbuka terhadap investor. Sebagai fasilitator, pemerintah akan memberikan kemudahan dalam proses pengembangan industri diantaranya adalah hal perizinan, pajak dan hal-hal lain terkait teknis pendirian pabrik.

c. Masyarakat

Masyarakat sudah terbiasa dengan lingkungan industri sehingga dapat beradaptasi dengan mudah. Hal ini dikarenakan dengan berdirinya pabrik maka akan tersedia pula lapangan pekerjaan bagi masyarakat sekitar. Selain itu pendirian pabrik juga akan mempertimbangkan keselamatan dan keamanan masyarakat sehingga tidak perlu khawatir akan dampak yang akan diperoleh.

d. Iklim

Dalam pendirian pabrik perlu ditinjau beberapa hal yang dapat mempengaruhi kondisi operasi yaitu iklim berupa kelembaban udara, panas matahari, dan lain-lain. Dimana hal ini mempunyai pengaruh terhadap pengolahan, penyimpanan bahan baku maupun produk.

4.2 Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*)

Tata letak pabrik dirancang untuk mendapatkan kondisi yang optimal dalam perencanaan pendirian suatu pabrik, selain itu perencanaan tata letak pabrik juga dimaksudkan untuk meningkatkan keselamatan, keamanan dan kenyamanan dalam segala aspek. Faktor yang diperhatikan dalam penentuan tata letak pabrik telah disebutkan oleh (Peters dan Timmerhaus, 1991) diantaranya adalah :

- a. Pengoptimalan waktu tempuh untuk transportasi bahan baku, distribusi produk, transportasi peralatan, dan mobilitas karyawan dalam area pabrik.
- b. Pemanfaatan area pabrik agar efisien dan efektif.
- c. Urutan proses produksi.
- d. Pengembangan lokasi baru atau kemungkinan perluasan lokasi pabrik.
- e. Distribusi ekonomis pada pengadaan air, steam proses, tenaga listrik dan bahan baku.
- f. Pemeliharaan dan perbaikan.
- g. Keamanan dari kemungkinan kebakaran dan keselamatan kerja.
- h. Konstruksi yang memenuhi syarat.
- i. Fleksibilitas dalam perencanaan tata letak pabrik dengan pertimbangan kemungkinan terjadinya perubahan dari proses/mesin sehingga perubahan yang dilakukan tidak memerlukan biaya yang tinggi.
- j. Service area seperti fasilitas olahraga, kantin, tempat parkir, tempat ibadah dan lain-lain diatur agar tidak terlalu jauh dari tempat kerja.

Tata letak pabrik terdiri dari beberapa daerah utama yaitu :

a. Daerah perkantoran

Daerah perkantoran sebagai pusat kegiatan administrasi dan keuangan pabrik yang mengatur kelancaran operasi.

b. Daerah proses dan ruang kontrol

Daerah proses merupakan tempat alat-alat proses di dan ruang kontrol sebagai pusat pengendalian berlangsungnya proses. Daerah proses terletak di lokasi yang mudah dijangkau oleh bahan baku, pengiriman produk dan mudah dalam pengawasan serta perbaikan alat yang mengalami gangguan atau kerusakan.

c. Daerah Laboratorium

Laboratorium digunakan sebagai pusat pengendalian kualitas dan kuantitas dari bahan baku yang digunakan serta produk yang dihasilkan. Laboratorium merupakan tempat pengujian bahan baku dan produk apakah layak dipakai dan layak diperjualbelikan atau tidak.

d. Daerah gudang, umum, bengkel dan garasi

Daerah ini berupa gudang, tempat umum, bengkel dan garasi merupakan lokasi penyimpanan bahan baku serta alat penunjang mesin lainnya, sementara bengkel digunakan untuk memperbaiki alat jika terjadi kerusakan pada mesin alat penunjang produksi.

e. Daerah utilitas dan pemadaman kebakaran

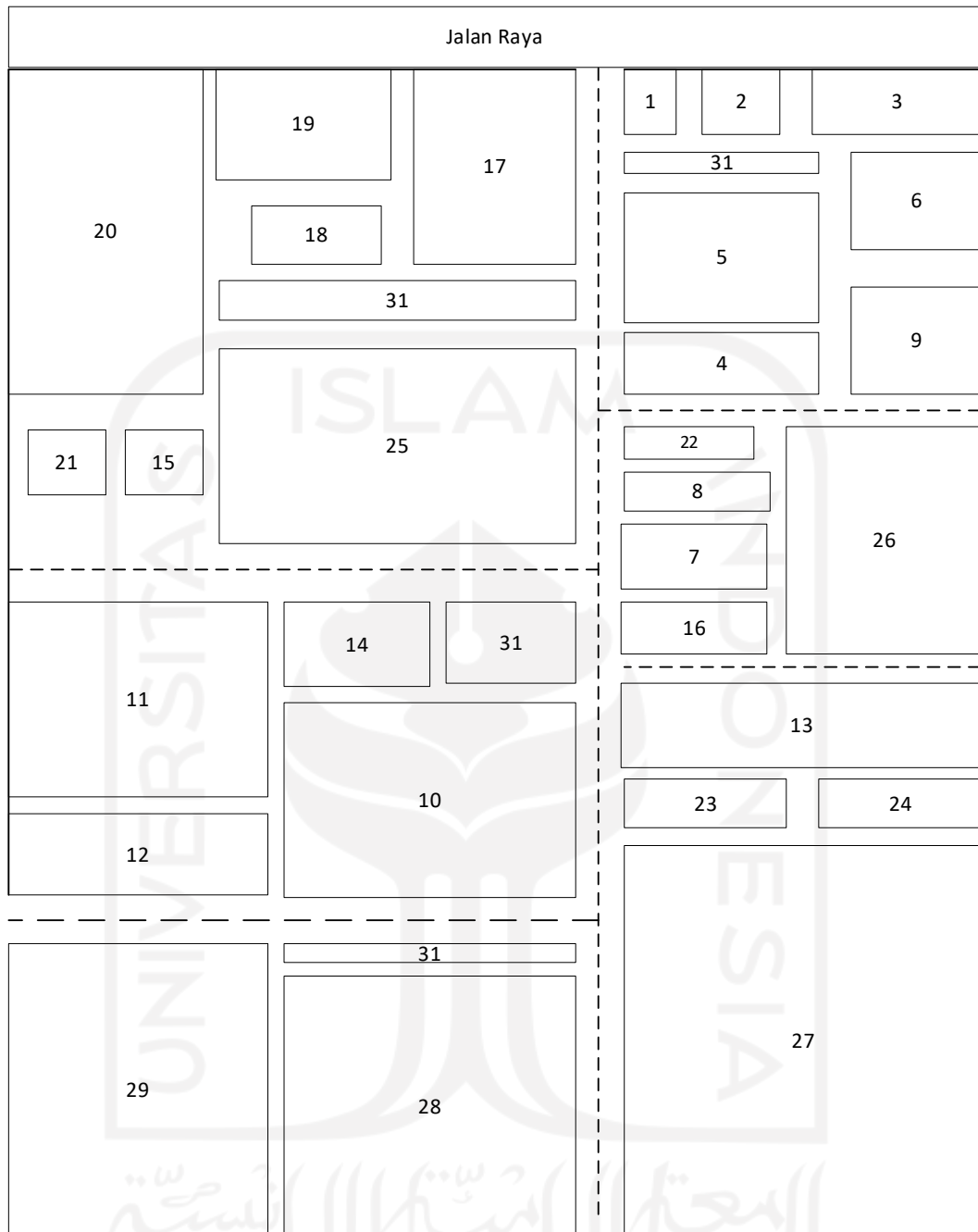
Daerah ini merupakan pusat lokasi penyediaan air, steam, air pendingin, dan tenaga listrik yang tersedia untuk menunjang jalannya proses serta terdapat unit pemadam kebakaran.

Pembangunan pabrik *allyl chloride* direncanakan agar menggunakan areal seluas 24.401,5 m². Adapun perincian penggunaan areal dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut :

Tabel 4.1 Rincian penggunaan areal pabrik

| No. | Nama Bangunan | Luas (m ²) | No. | Nama Bangunan | Luas (m ²) |
|-----|-------------------------|------------------------|-----|----------------------------|------------------------|
| 1. | Pos keamanan | 80 | 17. | Masjid | 750 |
| 2. | Parkir tamu | 120 | 18. | Klinik | 180 |
| 3. | Parkir bus kantor | 260 | 19. | Kantin | 450 |
| 4. | Parkir karyawan | 285 | 20. | Mess | 1500 |
| 5. | Aula | 600 | 21. | Ruang olahraga | 120 |
| 6. | Perpustakaan | 300 | 22. | Koperasi | 80 |
| 7. | Parkir truk | 225 | 23. | Kontrol utilitas | 250 |
| 8. | Area penimbangan | 135 | 24. | Kontrol proses | 250 |
| 9. | Laboratorium | 300 | 25. | Kantor utama | 1.650 |
| 10. | Area penyimpanan produk | 1.200 | 26. | Kantor Produksi dan Teknik | 1.050 |
| 11. | Gudang | 1.200 | 27. | Area proses | 3.300 |
| 12. | Bengkel | 500 | 28. | Area utilitas | 1.800 |
| 13. | Unit pengolahan limbah | 721,5 | 29. | Area perluasan | 3.900 |
| 14. | Kantor K3 | 300 | 30. | Jalan | 600 |
| 15. | Unit pembangkit listrik | 120 | 31. | Taman | 1950 |
| 16. | Pemadam kebakaran | 225 | | | |

Selanjutnya dari Tabel 4.1 dibuat tata letak pabrik dengan skala 1:1000 yang terdapat pada Gambar 4.2



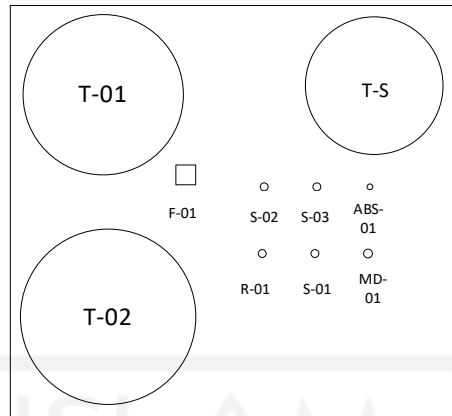
Gambar 4.2 Tata letak pabrik skala 1:1.000

4.3 Tata Letak Mesin/ Alat Proses (*Machines Layout*)

Tata letak alat proses dirancang untuk mendapatkan kondisi yang efisien.

Beberapa pertimbangan yang perlu diperhatikan diantaranya adalah :

- a. Aliran bahan baku dan produk yang tepat dapat memberikan keuntungan ekonomi yang besar serta dapat menunjang keberlangsungan produksi.
- b. Aliran udara berguna sebagai sirkulasi agar udara tidak stagnan di suatu tempat berupa penumpukan bahan kimia berbahaya yang dapat membahayakan keselamatan sehingga arah angin harus diperhatikan.
- c. Operasi, peralatan yang membutuhkan perhatian lebih harus diletakkan di dekat *control room*. Tempat pengambilan sampel, *instrument*, dan *valve* diletakkan pada posisi yang mudah dijangkau operator.
- d. Pencahayaan harus memadai terutama pada tempat proses yang berbahaya atau beresiko tinggi.
- e. Lalu lintas dan kendaraan dibuat agar pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan cepat dan mudah.
- f. Letak alat proses harus memperhatikan ruangan untuk perawatan.
- g. Perluasan dan pengembangan pabrik.
- h. Pertimbangan ekonomi digunakan agar dapat menekan biaya operasi dan menjamin kelancaran produksi.
- i. Jarak antar alat proses dengan suhu tinggi dipisahkan dengan alat lainnya, sehingga kerusakan dapat diminimalkan jika terjadi ledakan atau kebakaran.



Gambar 4.3 Tata letak alat proses (Skala 1 :1000)

4.4 Organisasi Perusahaan

4.4.1. Bentuk Perusahaan

Pabrik *allyl chloride* direncanakan akan didirikan dengan spesifikasi sebagai berikut :

Bentuk : Perseroan Terbatas (P T)

Lapangan usaha : Industri *Allyl Chloride*

Lokasi perusahaan : Mekarsari, Cilegon, Banten

Alasan dipilih bentuk Perseroan Terbatas pada perencanaan pendirian perusahaan ini dilatarbelakangi atas beberapa pertimbangan diantaranya adalah :

- a. Mudah mendapatkan modal dengan menjual saham perusahaan.
- b. Tanggung jawab pemegang saham terbatas, sehingga kelancaran produksi dipegang oleh pimpinan perusahaan saja.
- c. Pemilik (pemegang saham) dan pengurus perusahaan(direksi dan *staff*) terpisah satu sama lain.
- d. Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin karena tidak bergantung dengan berhentinya pemegang saham, direksi dan *staff* perusahaan.
- e. Lapangan usaha lebih luas.

4.4.2. Struktur Organisasi

Dalam rangka menjalankan suatu perusahaan dan menunjang kemajuan perusahaan diperlukan struktur organisasi dengan manajemen atau pembagian tugas dan wewenang yang baik. Dalam penyusunan struktur yang baik dapat memperhatikan pedoman berikut :

- a. Perumusan tujuan perusahaan yang jelas
- b. Pendelegasian wewenang
- c. Pembagian tugas kerja yang jelas
- d. Kesatuan perintah dan tanggung jawab
- e. Sistem pengontrol atas pekerjaan yang telah dilaksanakan
- f. Organisasi perusahaan yang fleksibel

Dengan memperhatikan pedoman diatas dapat diperoleh struktur organisasi yang baik yaitu sistem *line and staff*. Pada sistem ini garis kekuasaan lebih sederhana dan praktis. Kebaikan dalam pembagian tugas ini adalah terdapat 2 kelompok yang berpengaruh dalam menjalankan organisasi. Yang pertama adalah garis atau *line* yang bertugas melaksanakan tugas pokok organisasi dalam rangka mencapai tujuan. Selanjutnya yang kedua adalah staf yang bertugas sesuai dengan keahliannya untuk memberi saran pada unit operasional. Jenis kepemimpinan dalam perusahaan ini adalah sebagai berikut :

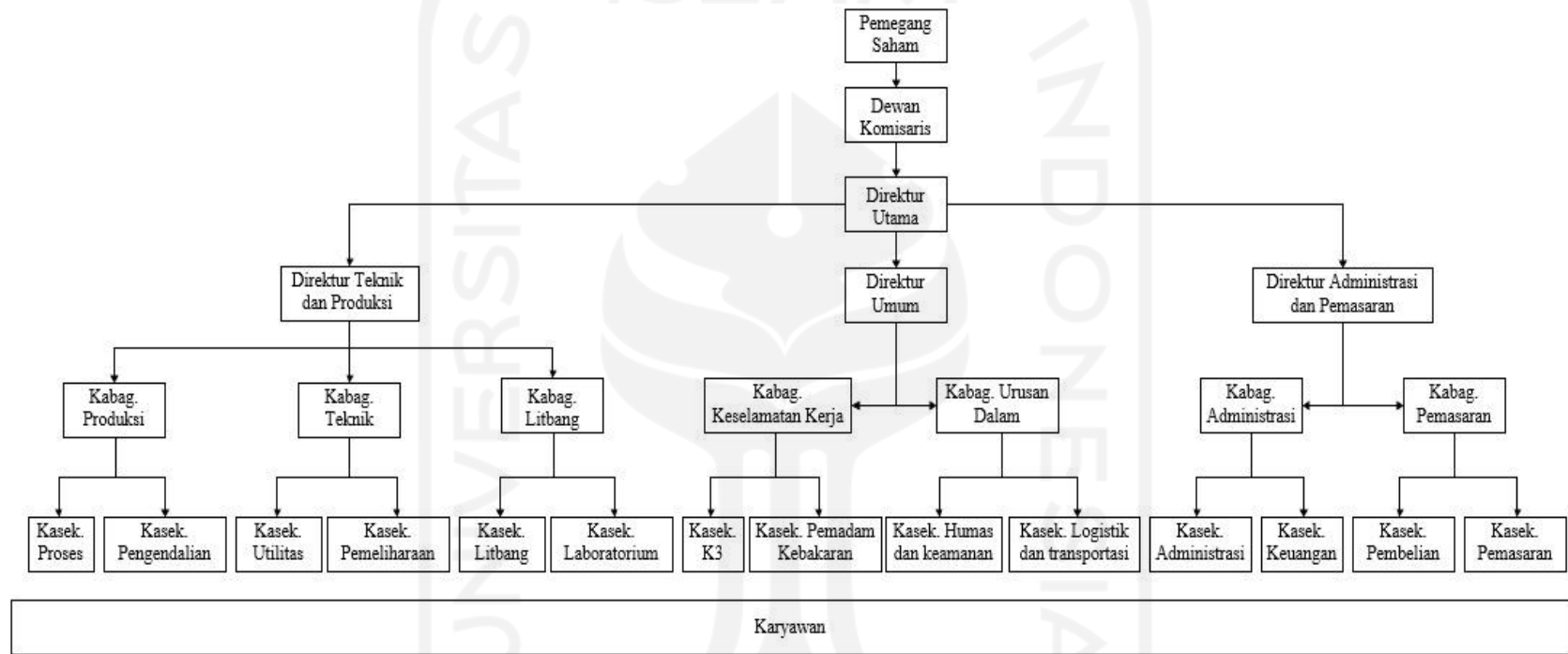
- a. Pemegang Saham
- b. Dewan Komisaris
- c. Direktur Utama
- d. Direktur
- e. Kepala Bagian

f. Kepala Seksi

g. Karyawan

Tanggung jawab, tugas dan wewenang setiap kepemimpinan berbeda-beda dan puncak pimpinan tertinggi terletak pada dewan komisaris, sementara kekuasaan tertinggi berada pada rapat umum pemegang saham. Gambar 4.4 berikut menunjukkan struktur organisasi perusahaan:





Gambar 4.4 Struktur organisasi perusahaan

4.4.3. Tugas dan Wewenang

a. Pemegang Saham

Pemegang saham atau pemilik perusahaan adalah sekelompok orang yang telah mengumpulkan modal untuk kepentingan pendirian pabrik dan jalannya operasional perusahaan. Pada perusahaan dengan bentuk Perseroan Terbatas (PT) kekuasaan tertinggi dipegang oleh Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Adapun wewenang dari pemegang saham yaitu sebagai berikut:

1. Meminta pertanggungjawaban Dewan Komisaris.
2. Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris dan Direktur dengan hasil dari musyawarah pemegang saham.
3. Mengesahkan hasil usaha neraca perhitungan untung rugi tahunan dari perusahaan.

b. Dewan Komisaris

Dewan Komisaris adalah orang yang melaksanakan tugas dari pemilik saham, dengan begitu maka Dewan Komisaris harus bertanggung jawab kepada pemegang saham. Adapun tugas Dewan Komisaris sebagai berikut :

1. Menyetujui dan menilai rencana direksi tentang kebijaksanaan umum, alokasi sumber dana, target perusahaan dan pengarahannya.
2. Mengawasi tugas direksi.
3. Membantu direksi dalam tugas-tugas penting.

c. Direktur Utama

Direktur utama adalah pemimpin tertinggi di suatu perusahaan dan sepenuhnya bertanggung jawab terhadap perkembangan suatu perusahaan yang telah ditargetkan dalam RUPS. Direktur Utama bertanggung jawab

kepada Dewan Komisaris untuk segala tindakan dan kebijakan yang telah diambil sebagai pimpinan suatu perusahaan. Direktur Utama membawahi Direktur Teknik dan Produksi, Direktur Umum, serta Direktur Administrasi dan Keuangan. Adapun tugas Direktur Utama sebagai berikut :

1. Melakukan kebijakan perusahaan dan mempertanggungjawabkan pekerjaannya kepada pemegang saham dalam RUPS.
2. Menjaga kestabilan manajemen perusahaan dan membuat hubungan baik antara pemilik saham, pimpinan dan karyawan.
3. Memimpin dan membina perusahaan secara efektif dan efisien.
4. Mengadakan kerjasama dan mewakili perusahaan dalam hubungan maupun perjanjian-perjanjian dengan pihak luar perusahaan untuk kepentingan perusahaan.
5. Merencanakan dan mengawasi pelaksanaan tugas tiap personalia yang bekerja di perusahaan.

d. Direktur Teknik dan Produksi

Tugas dari Direktur Teknik dan Produksi adalah memimpin pelaksanaan kegiatan perusahaan yang berhubungan dengan bidang produksi, teknik, penelitian dan pengembangan. Direktur Teknik dan Produksi juga bertanggung jawab terhadap Direktur Utama dalam bidang teknik dan produksi.

e. Direktur Umum

Tugas dari Direktur Umum adalah memimpin pelaksanaan kegiatan perusahaan yang berhubungan dengan bidang keselamatan kerja dan urusan dalam. Direktur Umum juga bertanggung jawab terhadap Direktur Utama dalam bidang umum.

f. Direktur Administrasi dan Keuangan

Tugas dari Direktur Administrasi dan Keuangan adalah memimpin pelaksanaan kegiatan perusahaan yang berhubungan dengan bidang administrasi dan pemasaran. Direktur Administrasi dan Keuangan juga bertanggung jawab terhadap Direktur Utama dalam bidang administrasi dan keuangan.

g. Kepala Bagian

Kepala Bagian memiliki tugas-tugas seperti mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pekerjaan yang ada dalam bagiannya sesuai dengan garis koordinasi dari pimpinan perusahaan. Kepala bagian juga dapat bertindak sebagai *staff* direktur yang bertanggung jawab kepada masing-masing direktur di atasnya.

Kepala Bagian terdiri dari :

1. Kepala Bagian Produksi

Kepala Bagian Produksi bertanggung jawab kepada Direktur Teknik dan Produksi pada bagian mutu dan kelancaran produksi.

2. Kepala Bagian Teknik

Kepala Bagian Teknik bertanggung jawab kepada Direktur Teknik dan Produksi pada bagian proses teknik.

3. Kepala Bagian Penelitian dan Pengembangan

Kepala Bagian Penelitian dan Pengembangan bertanggung jawab kepada Direktur Teknik dan Produksi pada bagian penelitian dan pengembangan perusahaan.

4. Kepala Bagian Keselamatan Kerja

Kepala Bagian Keselamatan Kerja bertanggung jawab kepada Direktur Umum pada bagian keselamatan kerja dalam perusahaan.

5. Kepala Bagian Urusan Dalam

Kepala Bagian Urusan Dalam bertanggung jawab kepada Direktur Umum pada bagian hubungan masyarakat, keamanan, logistik dan transportasi.

6. Kepala Bagian Administrasi

Kepala Bagian Administrasi bertanggung jawab kepada Direktur Administrasi dan Keuangan pada bagian administrasi rumah tangga perusahaan.

7. Kepala Bagian Pemasaran

Kepala Bagian Pemasaran bertanggung jawab kepada Direktur Administrasi dan Keuangan pada bagian pemasaran produk perusahaan.

h. Kepala Seksi

Kepala Seksi memiliki tugas yang melaksanakan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan rencana yang telah ditetapkan oleh Kepala Bagian masing-masing. Setiap Kepala Seksi bertanggung jawab kepada Kepala Bagian masing-masing.

Kepala Seksi terdiri dari :

1. Kepala Seksi Proses

Kepala Seksi Proses memiliki tugas memimpin langsung dan memantau kelancaran pada proses produksi. Kepala Seksi Proses bertanggung jawab kepada Kepala Bagian Produksi.

2. Kepala Seksi Pengendalian

Kepala Seksi Pengendalian memiliki tugas memimpin langsung dan memantau kelancaran pada proses pengendalian. Kepala Seksi Pengendalian bertanggung jawab kepada Kepala Bagian Produksi.

3. Kepala Seksi Utilitas

Kepala Seksi Utilitas memiliki tugas memimpin langsung dan memantau kelancaran pada bagian utilitas seperti ketersediaan listrik, air dan steam. Kepala Seksi Utilitas bertanggung jawab kepada Kepala Bagian Teknik.

4. Kepala Seksi Pemeliharaan

Kepala Seksi Pemeliharaan memiliki tugas memimpin langsung dan memantau kelancaran pada bagian perawatan, penggantian alat-alat serta fasilitas pendukungnya. Kepala Seksi Pemeliharaan bertanggung jawab kepada Kepala Bagian Teknik.

5. Kepala Seksi Penelitian dan Pengembangan

Kepala Seksi Penelitian dan Pengembangan memiliki tugas memimpin langsung dan memantau kelancaran pada peningkatan produksi dan efisiensi proses keseluruhan. Kepala Seksi Penelitian dan Pengembangan bertanggung jawab kepada Kepala Bagian Penelitian dan Pengembangan.

6. Kepala Seksi Laboratorium

Kepala Seksi Laboratorium memiliki tugas memimpin langsung dan memantau kelancaran pada pengendalian bahan baku, bahan pendukung, produk dan limbah. Kepala Seksi Laboratorium bertanggung jawab kepada Kepala Bagian Penelitian dan Pengembangan.

7. Kepala Seksi K3 (Kesehatan dan Keselamatan Kerja)

Kepala Seksi K3 memiliki tugas memimpin langsung dan memantau kelancaran pada kesehatan karyawan dan keluarga serta menangani masalah keselamatan kerja di perusahaan. Kepala Seksi K3 bertanggung jawab kepada Kepala Bagian Keselamatan Kerja.

8. Kepala Seksi Pemadam Kebakaran

Kepala Seksi Pemadam Kebakaran memiliki tugas memimpin langsung dan memantau kelancaran pada kejadian atau kecelakaan kebakaran yang tidak terduga di lingkungan perusahaan. Kepala Seksi Pemadam Kebakaran bertanggung jawab kepada Kepala Bagian Keselamatan Kerja.

9. Kepala Seksi Humas dan Keamanan

Kepala Seksi Humas dan Keamanan memiliki tugas memimpin langsung dan memantau kelancaran dalam menjaga keamanan perusahaan, menjaga masuk dan keluarnya orang baik karyawan maupun tamu, menjaga dan memelihara kerahasiaan yang berhubungan dengan internal perusahaan serta mengatur hubungan antara masyarakat di lingkungan perusahaan. Kepala Seksi Humas dan Keamanan bertanggung jawab kepada Kepala Bagian Urusan Dalam.

10. Kepala Seksi Administrasi

Kepala Seksi Administrasi memiliki tugas memimpin langsung dan memantau kelancaran pada sistem administrasi perusahaan dan pembukuan perusahaan. Kepala Seksi Administrasi bertanggung jawab kepada Kepala Bagian Administrasi.

11. Kepala Seksi Keuangan

Kepala Seksi Keuangan memiliki tugas memimpin langsung dan memantau kelancaran pada sistem administrasi pencatatan pemasukan dan pengeluaran perusahaan, pembukuan hutang-piutang, serta menangani perpajakan. Kepala Seksi Keuangan bertanggung jawab kepada Kepala Bagian Administrasi.

12. Kepala Seksi Pembelian

Kepala Seksi Pembelian memiliki tugas memimpin langsung dan memantau kelancaran pada pembelian barang dan peralatan yang dibutuhkan perusahaan, mengetahui harga serta mutu bahan baku dan mengatur keluar masuknya bahan dan alat dari gudang pabrik. Kepala Seksi Pembelian bertanggung jawab kepada Kepala Pemasaran.

13. Kepala Seksi Pemasaran

Kepala Seksi Pemasaran memiliki tugas memimpin langsung dan memantau kelancaran pada mengatur strategi penjualan hasil produksi dan mengatur distribusi barang dari gudang. Kepala Seksi Keuangan bertanggung jawab kepada Kepala Pemasaran.

4.4.4. Catatan

a. Cuti Tahunan

Karyawan mempunyai hak cuti tahunan yaitu 15 hari setiap tahun. Jika dalam waktu satu tahun hak cutinya tidak dipergunakan maka hak cutinya akan hangus untuk tahun itu.

b. Hari Libur Nasional

Pada hari libur nasional karyawan harian (*non shift*) tidak masuk kerja. Sedangkan bagi karyawan *shift* hari libur nasional tetap masuk kerja dengan catatan hari itu diperhitungkan sebagai kerja lembur (*overtime*). Kerja lembur (*overtime*) dapat dilakukan jika ada keperluan yang mendesak dan atas persetujuan Kepala Bagian.

c. Pembagian Jam Kerja Karyawan

Perusahaan ini direncanakan beroperasi selama 330 hari dalam setahun dan 24 jam dalam sehari. Untuk sisa hari yang bukan hari libur digunakan untuk perbaikan atau perawatan dan pemeliharaan alat dan fasilitas pabrik serta *turn around*. Sedangkan pembagian jam kerja karyawan pada perusahaan ini terbagi menjadi dua golongan karyawan, yaitu karyawan *non shift* dan karyawan *shift*.

1. Karyawan *non shift* bekerja selama 8 jam dalam sehari dengan total jam kerja 40 jam perminggu. Untuk hari sabtu, minggu dan hari libur nasional karyawan *non shift* tidak langsung menangani operasional pabrik yaitu seperti direktur, kepala departemen, kepala divisi, karyawan kantor atau administrasi dan divisi-divisi non teknik atau karyawan yang bekerja dengan jenis yang tidak kontinyu. Berikut adalah ketentuan jam kerja untuk karyawan *non shift* :

Senin - Kamis : 08.00 - 17.00 WIB (istirahat 12.00 - 13.00 WIB)

Jum'at : 08.00 - 17.00 WIB (istirahat 11.30 - 13.00 WIB)

2. Karyawan *shift* kerja selama 24 jam perhari yang terbagi dalam 3 *shift*. Karyawan *shift* adalah karyawan dengan kerja yang langsung menangani

proses operasi pabrik seperti kepala *shift*, operator, karyawan-karyawan *shift*, gudang serta keamanan dan keselamatan kerja. Berikut adalah ketentuan jam kerja karyawan *shift* sebagai berikut:

Shift 1 (Pagi) : 08.00 - 16.00 WIB

Shift 2 (Sore) : 16.00 - 24.00 WIB

Shift 3 (Malam) : 24.00 - 08.00 WIB

Jadwal kerja tersebut terbagi menjadi empat minggu dan empat kelompok. Setiap kelompok kerja mendapatkan libur satu kali dari tiga kali *shift*. Tabel 4.2 berikut merupakan jadwal kerja karyawan *shift*

Tabel 4.2 Jadwal kerja karyawan *shift*

| Regu | Hari | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| A | I | I | I | ■ | II | II | II | ■ | III | III | III | ■ | I | I | I |
| B | ■ | II | II | II | ■ | III | III | III | ■ | I | I | I | ■ | II | II |
| C | II | ■ | III | III | III | ■ | I | I | I | ■ | II | II | II | ■ | III |
| D | III | III | ■ | I | I | I | ■ | II | II | II | ■ | III | III | III | ■ |

Keterangan:

1,2,3, dst : Hari ke-

A,B,C,D : Kelompok kerja *shift*

■ : Libur

3. Kerja Lembur (*overtime*)

Kerja lembur dapat dilakukan apabila ada keperluan yang mendesak dan atas persetujuan dari kepala bagian masing-masing.

d. Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan dan Gaji

1. Penggolongan Jabatan dan Jumlah Karyawan

Tabel 4.3 Penggolongan jabatan dan jumlah karyawan

| Jabatan | Jumlah | Pendidikan |
|--|---------------|--|
| Dewan Komisaris | 1 | Teknik (S-2) |
| Direktur Utama | 1 | Manajemen (S-2) |
| Direktur Teknik dan Produksi | 1 | Teknik Kimia (S-2) |
| Direktur Umum | 1 | Teknik Kimia (S-2) |
| Direktur Administrasi dan Pemasaran | 1 | Ekonomi/Akuntansi (S-2) |
| Kepala Bagian Produksi | 1 | Teknik Kimia (S-1) |
| Kepala Bagian Teknik | 1 | Teknik Mesin (S-1) |
| Kepala Bagian Penelitian dan Pengembangan | 1 | Teknik Kimia (S-1) |
| Kepala Bagian Keselamatan Kerja | 1 | Teknik Kimia/ Teknik Lingkungan/ Teknik Kesehatan Masyarakat (S-1) |
| Kepala Bagian Urusan Dalam | 1 | Ilmu Sosial (S-1) |
| Kepala Bagian Administrasi | 1 | Ekonomi/ Akuntansi (S-1) |
| Kepala Bagian Pemasaran | 1 | Manajemen (S-1) |
| Kepala Seksi Proses | 1 | Teknik Kimia (S-1) |
| Kepala Seksi Pengendalian | 1 | Teknik Kimia (S-1) |
| Kepala Seksi Utilitas | 1 | Teknik Kimia (S-1) |
| Kepala Seksi Pemeliharaan | 1 | Teknik Kimia (S-1) |
| Kepala Seksi Penelitian dan Pengembangan | 1 | Teknik Kimia (S-1) |
| Kepala Seksi Laboratorium | 1 | Teknik Kimia/ Analis Kimia (D-3/ S-1) |
| Kepala Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja | 1 | Teknik Kimia/ Teknik Lingkungan/ Teknik Kesehatan Masyarakat (S-1) |
| Kepala Seksi Pemadam Kebakaran | 1 | Ilmu Pemadam Kebakaran (S-1) |
| Kepala Seksi Humas dan Keamanan | 1 | Ilmu Sosial (S-1) / Pensiunan ABRI |
| Kepala Seksi Logistik dan Transportasi | 1 | Teknik Mesin (S-1) |

Tabel 4.3 Penggolongan jabatan dan jumlah karyawan (Lanjutan)

| Jabatan | Jumlah | Pendidikan |
|--|---------------|---|
| Kepala Seksi Administrasi | 1 | Ekonomi/ akuntansi (S-1) |
| Kepala Seksi Keuangan | 1 | Akuntansi (S-1) |
| Kepala Seksi Pembelian | 1 | Manajemen (S-1) |
| Kepala Seksi Pemasaran | 1 | Manajemen (S-1) |
| Karyawan Proses | 10 | Teknik Kimia (D-3/ S-1) |
| Karyawan Pengendalian | 5 | Teknik Kimia (D-3/ S-1) |
| Kepala Seksi Pembelian | 1 | Manajemen (S-1) |
| Kepala Seksi Pemasaran | 1 | Manajemen (S-1) |
| Karyawan Proses | 10 | Teknik Kimia (D-3/ S-1) |
| Karyawan Pengendalian | 5 | Teknik Kimia (D-3/ S-1) |
| Karyawan Utilitas | 5 | Teknik Kimia (D-3/ S-1) |
| Karyawan Pemeliharaan | 5 | Teknik Kimia (D-3/ S-1) |
| Karyawan Penelitian dan Pengembangan | 3 | Teknik Kimia (D-3/ S-1) |
| Karyawan Laboratorium | 4 | Teknik Kimia/ Analisis kimia (D-3/ S-1) |
| Karyawan Kesehatan dan Keselamatan Kerja | 5 | Teknik Kimia/ Teknik Lingkungan/ Kesehatan Masyarakat (S-1) |
| Karyawan Pemadam Kebakaran | 5 | Ilmu Pemadam Kebakaran (D-3/ S-1) |
| Karyawan Humas dan Keamanan | 10 | SMA/SMK/D--1 |
| Karyawan Logistik dan Transportasi | 5 | Teknik Mesin (D-3/ S-1) |
| Karyawan Administrasi | 3 | Ekonomi/ Akuntansi (D-3/ S-1) |
| Karyawan Keuangan | 3 | Akuntansi (D-3/ S-1) |
| Karyawan Pembelian | 3 | Manajemen (D-3/ S-1) |
| Karyawan Pemasaran | 3 | Manajemen (D-3/ S-1) |
| Operator | 50 | SMA/SMK |
| Supir | 6 | SMA/SMK |
| Petugas Perpustakaan | 1 | Ilmu Perpustakaan (S-1) |
| Petugas Koperasi | 1 | Ekonomi (S-1) |
| <i>Cleaning Service</i> | 8 | SMP/SMA/SMK |
| Dokter | 1 | Dokter Umum (S-1) |
| Perawat | 2 | Perawat (D-3/S-1) |
| Takmir Masjid | 1 | SMP/SMA/SMK |
| Total | 165 | |

2. Sistem Gaji Karyawan

Sistem pembagian gaji pada perusahaan terbagi menjadi 3 jenis,

yaitu :

- a) Gaji harian, yaitu gaji yang diberikan pada karyawan tidak tetap atau buruh harian.
- b) Gaji bulanan, yaitu gaji yang diberikan pada karyawan tetap dengan jumlah gaji sesuai dengan peraturan perusahaan.
- c) Gaji lembur, yaitu gaji yang diberikan pada karyawan yang bekerja melebihi jam kerja pokok.

Tabel 4.4 Daftar gaji karyawan

| Jabatan | Jumlah | Gaji(Rp) | Gaji(Rp) |
|--|--------|----------------|------------|
| | | (/Orang/Bulan) | (/Bulan) |
| Dewan Komisaris | 1 | 40.000.000 | 40.000.000 |
| Direktur Utama | 1 | 35.000.000 | 35.000.000 |
| Direktur Teknik dan Produksi | 1 | 30.000.000 | 30.000.000 |
| Direktur Umum | 1 | 30.000.000 | 30.000.000 |
| Direktur Administrasi dan Pemasaran | 1 | 30.000.000 | 30.000.000 |
| Kepala Bagian Produksi | 1 | 20.000.000 | 20.000.000 |
| Kepala Bagian Teknik | 1 | 20.000.000 | 20.000.000 |
| Kepala Bagian Penelitian dan Pengembangan | 1 | 20.000.000 | 20.000.000 |
| Kepala Bagian Keselamatan Kerja | 1 | 20.000.000 | 20.000.000 |
| Kepala Bagian Urusan Dalam | 1 | 20.000.000 | 20.000.000 |
| Kepala Bagian Administrasi | 1 | 20.000.000 | 20.000.000 |
| Kepala Bagian Pemasaran | 1 | 20.000.000 | 20.000.000 |
| Kepala Seksi Proses | 1 | 15.000.000 | 15.000.000 |
| Kepala Seksi Pengendalian | 1 | 15.000.000 | 15.000.000 |
| Kepala Seksi Utilitas | 1 | 15.000.000 | 15.000.000 |
| Kepala Seksi Pemeliharaan | 1 | 15.000.000 | 15.000.000 |
| Kepala Seksi Penelitian dan Pengembangan | 1 | 15.000.000 | 15.000.000 |
| Kepala Seksi Laboratorium | 1 | 15.000.000 | 15.000.000 |
| Kepala Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja | 1 | 15.000.000 | 15.000.000 |
| Kepala Seksi Pemadam Kebakaran | 1 | 15.000.000 | 15.000.000 |

Tabel 4.4 Daftar gaji karyawan (Lanjutan)

| Jabatan | Jumlah | Gaji(Rp) | Gaji(Rp) |
|--|--------|----------------|---------------|
| | | (/Orang/Bulan) | (/Bulan) |
| Kepala Seksi Humas dan Keamanan | 1 | 15.000.000 | 15.000.000 |
| Kepala Seksi Logistik dan Transportasi | 1 | 15.000.000 | 15.000.000 |
| Kepala Seksi Administrasi | 1 | 15.000.000 | 15.000.000 |
| Kepala Seksi Keuangan | 1 | 15.000.000 | 15.000.000 |
| Kepala Seksi Pembelian | 1 | 15.000.000 | 15.000.000 |
| Kepala Seksi Pemasaran | 1 | 15.000.000 | 15.000.000 |
| Karyawan Proses | 10 | 10.000.000 | 100.000.000 |
| Karyawan Pengendalian | 5 | 10.000.000 | 50.000.000 |
| Karyawan Utilitas | 5 | 9.000.000 | 45.000.000 |
| Karyawan Pemeliharaan | 5 | 9.000.000 | 45.000.000 |
| Karyawan Penelitian dan Pengembangan | 3 | 8.000.000 | 24.000.000 |
| Karyawan Laboratorium | 4 | 8.000.000 | 32.000.000 |
| Karyawan Kesehatan dan Keselamatan Kerja | 5 | 8.000.000 | 40.000.000 |
| Karyawan Pemadam Kebakaran | 5 | 8.000.000 | 40.000.000 |
| Karyawan Humas dan Keamanan | 5 | 7.000.000 | 35.000.000 |
| Karyawan Logistik dan Transportasi | 5 | 8.000.000 | 40.000.000 |
| Karyawan Administrasi | 3 | 8.000.000 | 24.000.000 |
| Karyawan Keuangan | 3 | 8.000.000 | 24.000.000 |
| Karyawan Pembelian | 3 | 8.000.000 | 24.000.000 |
| Karyawan Pemasaran | 3 | 8.000.000 | 24.000.000 |
| Operator | 50 | 6.000.000 | 300.000.000 |
| Supir | 6 | 4.500.000 | 27.000.000 |
| Petugas Perpustakaan | 1 | 4.500.000 | 4.500.000 |
| Petugas Koperasi | 1 | 4.500.000 | 4.500.000 |
| <i>Cleaning Service</i> | 8 | 4.200.000 | 33.600.000 |
| Dokter | 1 | 9.000.000 | 9.000.000 |
| Perawat | 2 | 5.000.000 | 10.000.000 |
| Takmir Masjid | 1 | 2.500.000 | 2.500.000 |
| Total | 160 | 672.200.000 | 1.453.100.000 |

e. Kesejahteraan Karyawan

Seluruh karyawan di perusahaan memiliki hak dan kewajiban yang telah diatur oleh Undang- Undang Ketenagakerjaan. Terdapat dua jenis kontrak kerja sebagai berikut :

1. Karyawan Pra-Kontrak, yaitu karyawan baru yang mendapatkan masa percobaan kerja enam bulan. Lalu kinerja selama enam bulan itu akan dievaluasi untuk keputusan mengenai pengangkatan menjadi karyawan tetap.
2. Karyawan Tetap, yaitu karyawan yang telah memiliki kontrak kerja dengan perusahaan.

Seluruh karyawan tersebut memiliki hak serta kewajiban yang sama, seperti gaji, tunjangan dan cuti.

❖ Hak Karyawan

➤ Gaji Pokok

Gaji pokok karyawan telah diatur berdasarkan jabatan, keahlian dan kecakapan masing-masing karyawan, masa kerja dan prestasi kerja. Kenaikan gaji pokok akan terjadi pertahunnya sesuai dengan pertumbuhan ekonomi dan prestasi dari karyawannya sendiri.

➤ Tunjangan Karyawan

Seluruh karyawan mendapatkan tunjangan yang telah diatur perusahaan. Berikut jenis-jenis tunjangan yang akan diberikan :

- a. Tunjangan makan, makan siang disediakan oleh perusahaan dan seluruh karyawan diperbolehkan makan siang dengan gratis, jika ingin makan siang di luar lingkungan perusahaan maka karyawan akan diberikan uang makan dengan besarnya sesuai jabatan karyawan tersebut.
- b. Tunjangan kesehatan, seluruh karyawan memiliki asuransi yang telah diatur oleh perusahaan sesuai dengan Undang-

Undang Republik Indonesia Nomor 40 Tahun 2004 tentang Sistem Jaminan Sosial Nasional Pasal 18. Jenis program jaminan sosialnya sebagai berikut :

1. Jaminan kecelakaan kerja
2. Jaminan kesehatan
3. Jaminan hari tua
4. Jaminan pensiun dan kematian

Jika ada karyawan yang mengalami kecelakaan ataupun sakit dan harus dirawat, maka perusahaan akan mengganti seluruh biaya perawatannya.

- c. Tunjangan Hari Raya, seluruh karyawan menerima tunjangan hari raya tersebut sesuai dengan 1 bulan gaji pokok setiap tahunnya.
- d. Tunjangan keluarga, jika karyawan telah memiliki keluarga akan mendapatkan tunjangan keluarga bagi istri dan anaknya (maksimal 2 anak) dengan ketentuan yang telah diatur perusahaan.
- e. Tunjangan hari tua, jika karyawan telah berumur 60 tahun maka memasuki masa pensiun dan akan diberikan uang pensiun sebesar 10% dari gaji total selama karyawan tersebut bekerja di perusahaan.

➤ Fasilitas Karyawan

1. Tersedia transportasi atau bus karyawan.
2. Adanya seragam kerja dan peralatan-peralatan keselamatan kerja.
3. Terdapat tempat ibadah yang nyaman.
4. Terdapat klinik yang bisa digunakan ketika ada karyawan atau keluarga karyawan sakit atau kecelakaan yang dilengkapi dengan tenaga medis dan paramedis.
5. Beasiswa untuk anak-anak dari karyawan yang berprestasi.
6. Adanya penghargaan dalam bentuk tanda mata untuk karyawan dengan capaian masa kerja berturut-turut setiap 10 tahun.
7. Adanya perumahan yang telah dilengkapi sarana air dan listrik.

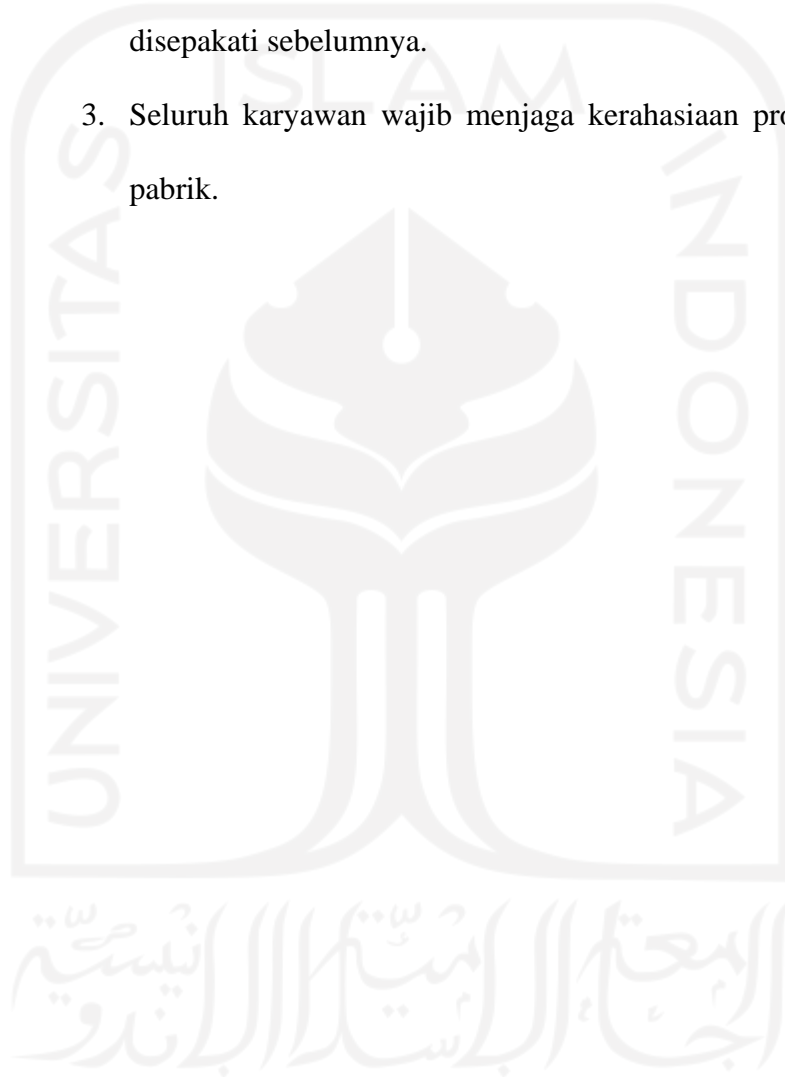
➤ Cuti dan Hari Libur Nasional

Karyawan mempunyai hak cuti tahunan yaitu 15 hari setiap tahun. Jika dalam waktu satu tahun hak cutinya tidak dipergunakan maka hak cutinya akan hangus untuk tahun itu. Pada hari libur nasional karyawan harian (*non shift*) tidak masuk kerja. Sedangkan bagi karyawan *shift* hari libur nasional tetap masuk kerja dengan catatan hari itu diperhitungkan sebagai kerja lembur (*overtime*). Kerja lembur (*overtime*) dapat dilakukan jika ada keperluan yang mendesak dan atas persetujuan kepala bagian.

❖ Kewajiban Karyawan

Setiap hak yang diterima karyawan maka harus ada kewajiban yang dilaksanakan oleh seluruh karyawan, seperti :

1. Seluruh karyawan wajib mensukseskan visi dan misi perusahaan.
2. Seluruh karyawan wajib mentaati kontrak kerja yang telah disepakati sebelumnya.
3. Seluruh karyawan wajib menjaga kerahasiaan proses produksi pabrik.



BAB V

UTILITAS

5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air

5.1.1 Unit Penyedia Air

Unit ini bertugas untuk menyediakan air kebutuhan industri maupun rumah tangga dan berpengaruh dalam kelancaran produksi dari awal hingga akhir suatu proses. Untuk memenuhi kebutuhan air digunakan beberapa sumber seperti air sungai, air danau, air sumur dan air laut. Dalam hal ini digunakan sumber air dari laut dengan beberapa pertimbangan sebagai berikut:

- 1) Ketersediaan air laut berlimpah yang dapat digunakan dalam skala besar karena cakupan laut luas dan tidak terbatas dibandingkan dengan sumber air lain serta dapat meminimalisir penggunaan air tawar.
- 2) Lokasi pendirian pabrik berada dekat dengan laut di daerah Mekarsari, Cilegon, Banten sehingga dapat meminimalisir penggunaan biaya transportasi.

Air yang diolah pada unit utilitas ini digunakan sebagai

a. Air Proses

Air proses digunakan dalam pembuatan produk secara langsung, dimana air yang digunakan harus murni dan bebas dari pengotor, mineral serta oksigen. Selain itu air yang digunakan harus memiliki tingkat kesadahan rendah untuk menghindari terjadinya kerak pada peralatan proses.

Tabel 5.1 Jumlah kebutuhan air proses

| Alat Proses | Air yang dibutuhkan(Kg/Jam) |
|--------------------|------------------------------------|
| Absorber | 2.590,378 |
| Total | 2.590,378 |

b. Air Umpan *Boiler*

Air umpan *boiler* harus memenuhi persyaratan agar tidak terjadi kerusakan pada boiler, diantaranya adalah :

- 1) Tidak mengandung zat yang menyebabkan korosi berupa kandungan asam dan gas terlarut seperti O₂, CO₂, H₂S, serta NH₃.
- 2) Tidak mengandung zat yang dapat menyebabkan kerak. Pembentukan kerak disebabkan adanya kesadahan dan suhu tinggi seperti adanya garam-garam karbonat dan silika. Adanya kerak pada dinding *boiler* dapat menyebabkan isolasi terhadap panas sehingga akan menghambat proses perpindahan panas dan dapat menimbulkan kebocoran apabila kerak pecah.
- 3) Tidak mengandung zat yang menyebabkan *foaming* seperti adanya *solid matter*, *suspended matter* dan tingkat basa yang tinggi. Air yang diambil kembali dari proses pemanasan bisa menyebabkan *foaming* pada *boiler* karena adanya zat-zat organik yang tak larut dalam jumlah besar. Adanya busa dapat menyebabkan kesulitan dalam pembacaan ketinggian cairan dalam *boiler* dan dapat menyebabkan percikan air yang kuat serta dapat mengakibatkan penempelan padatan yang dapat menyebabkan terjadinya korosi jika terdapat pemanasan lebih lanjut.

Tabel 5.2 Jumlah kebutuhan air umpan *boiler*

| Alat Proses | Air yang dibutuhkan(Kg/Jam) |
|--------------------|------------------------------------|
| Reboiler | 738,168 |
| Total | 738,168 |

c. Air Pendingin

Penggunaan air sebagai media pendingin dikarenakan air mudah dalam pengolahan dan pengaturannya. Air merupakan materi yang dapat diperoleh dalam jumlah besar dan dapat menyerap jumlah panas yang relatif tinggi persatuan volume. Pengolahan air pendingin harus memenuhi beberapa syarat berupa kandungan yang tidak diperbolehkan sebagai berikut :

- 1) Besi dan oksigen terlarut dapat menyebabkan korosi
- 2) Silika dapat menyebabkan kerak
- 3) Minyak dapat menyebabkan gangguan pada *film corrosion inhibitor*, penurunan *heat exchanger coefficient* dan menimbulkan endapan karena minyak dapat menjadi makanan bagi mikroba

Tabel 5.3 Jumlah kebutuhan air pendingin

| Alat Proses | Air yang dibutuhkan(Kg/Jam) |
|--------------------|------------------------------------|
| <i>Condensor</i> | 80,230 |
| <i>Cooler-01</i> | 524,038 |
| <i>Cooler-02</i> | 80,492 |
| <i>Cooler-03</i> | 1.884,2 |
| <i>Cooler-04</i> | 4.058,669 |
| Total | 6.627,63 |

d. Air Sanitasi

Air sanitasi merupakan air yang digunakan untuk keperluan sanitasi seperti perumahan dan perkantoran. Air sanitasi ini harus memenuhi kualitas sebagai berikut :

1) Syarat Fisika

- Memiliki suhu dibawah suhu udara
- Berwarna jernih
- Tidak berasa
- Tidak berbau

2) Syarat Kimia

- Memiliki pH netral dengan rentang 6.5-7.5
- Tidak mengandung zat organik dan anorganik yang dapat larut dalam air
- Tidak mengandung logam berat yang berbahaya seperti air raksa (Hg) dan timbal (Pb)

3) Syarat Bakteriologis

- Tidak mengandung bakteri *pathogen*
- Tidak mengandung mikroba penghasil toksin

Tabel 5.4 Jumlah kebutuhan air sanitasi

| Alat Proses | Air yang dibutuhkan(Kg/Jam) |
|----------------------------|------------------------------------|
| Kebutuhan Karyawan | 752,232 |
| Kebutuhan <i>Mess</i> | 586,667 |
| Bengkel | 8,334 |
| Klinik | 16,667 |
| Laboratorium | 16,667 |
| Pemadam Kebakaran | 208,334 |
| Kantin, Mushola dan Taman | 333,334 |
| Perpustakaan dan Kooperasi | 16,667 |
| Total | 1338,899 |

Total jumlah kebutuhan air yang akan diolah pada unit pengolahan air tercantum pada Tabel 5.5 berikut :

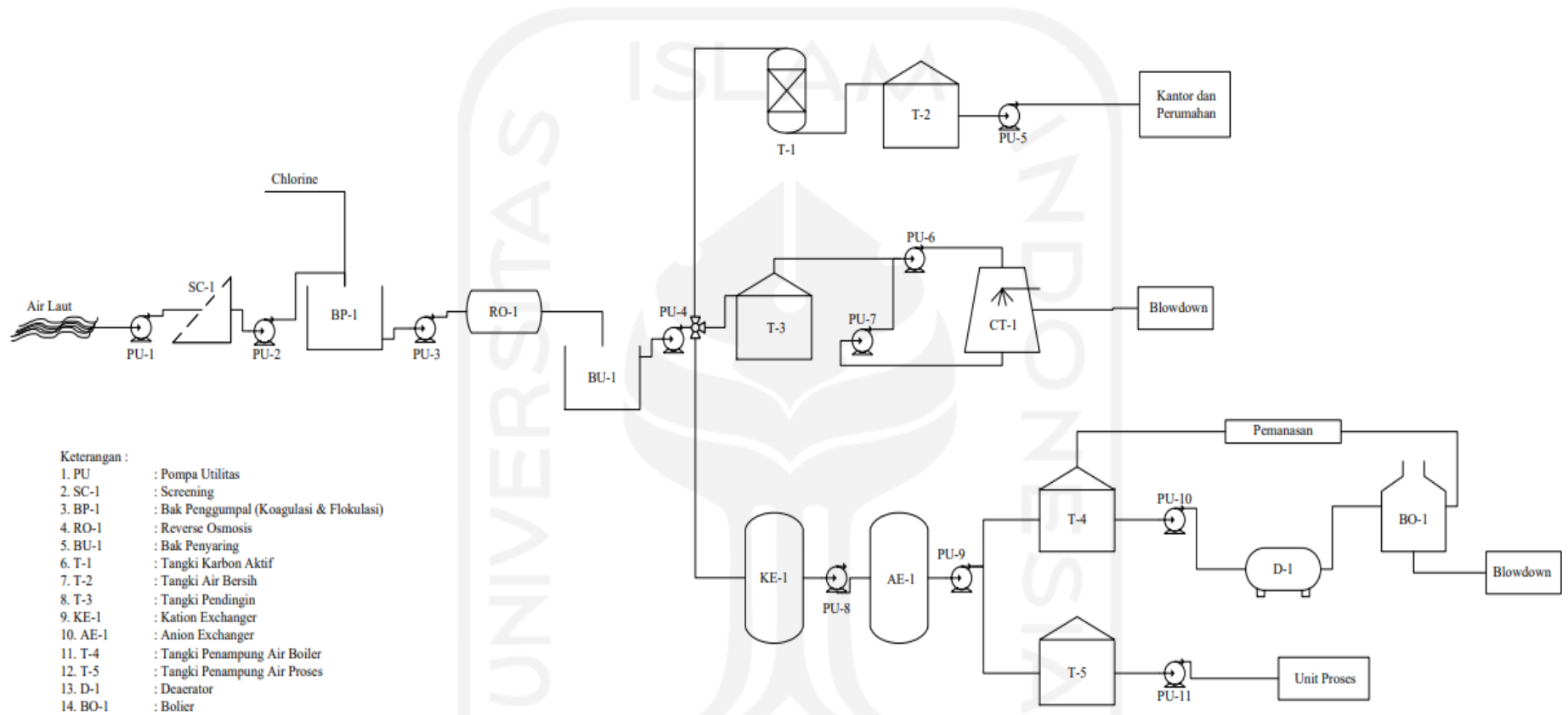
Tabel 5.5 Jumlah kebutuhan air

| Alat Proses | Air yang dibutuhkan(Kg/Jam) |
|-------------------------|------------------------------------|
| Air Proses | 2.590,378 |
| Air Umpan <i>Boiler</i> | 738,168 |
| Air Pendingin | 6.627,63 |
| Air Sanitasi | 1.338,899 |
| Total | 11.895,073 |

Dari total kebutuhan air yang digunakan maka dibuat *overdesign* 20% sehingga total kebutuhan air yang diolah pada unit utilitas sebesar 14.274,088 Kg/Jam

5.1.2 Unit Pengolahan Air

Air yang digunakan pada unit utilitas ini diperoleh dari air laut sehingga harus diolah terlebih dahulu sebelum digunakan. Pengolahan air meliputi pengolahan fisis seperti *screening* dan pengolahan kimia seperti penambahan *chlorine* serta penambahan disinfektan. Adapun tahapan pengolahan air dapat dilihat pada Gambar 5.1 berikut :



Gambar 5.1 Diagram pengolahan air utilitas

a. Penyaringan Awal/*Screening*

Pada tahap ini air yang akan digunakan dari laut dialirkan ke *water intake system* berupa *screen* dan pompa. *Screen* akan berfungsi untuk memisahkan kotoran dan benda asing seperti kayu, ranting, daun dan sampah lainnya pada aliran menuju pompa. Air yang tersaring dari *screen* akan masuk ke pompa dan dialirkan melalui pipa masuk ke dalam unit pengolahan air.

b. Bak Pengendap

Air yang telah melewati *screening* akan masuk ke bak pengendapan awal untuk mengendapkan lumpur dan kotoran yang tidak tersaring pada tahap awal. Pada tahapan ini diinjeksikan klorin sejumlah 2 ppm untuk membunuh *mikroorganisme* dan mencegah perkembangbiakannya.

c. Bak Penggumpal

Air kemudian akan dialirkan menuju bak penggumpal untuk menggumpalkan koloid-koloid tersuspensi dalam cairan yang tidak mengendap dengan penambahan koagulan berupa $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ atau tawas.

d. *Reverse Osmosis*/Desalinasi

Pada tahapan ini air akan mengalami proses desalinasi atau proses penghilangan kadar garam berlebih dalam air laut. Pada proses ini digunakan metode *reverse osmosis* dengan menggunakan membran semi *permeable* yang berfungsi sebagai alat pemisah berdasarkan pada sifat fisiknya. Prinsip dari *reverse osmosis* ini berkebalikan dengan osmosis pada umumnya dimana air yang memiliki konsentrasi garam tinggi dipompakan dengan tekanan yang tinggi ke membran sehingga proses perpindahan massa akan memiliki arah

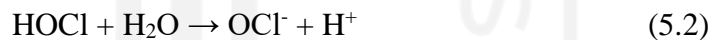
yang kebalikan dari peristiwa osmosis pada umumnya. Air dengan kadar salinitas rendah akan menembus membran dan disebut *permeate*. Sementara itu *rentate* atau konsentrat adalah campuran yang tidak melewati membran. Proses pemisahan menggunakan membran ini merupakan perpindahan materi secara selektif yang disebabkan karena adanya gaya dorong berupa perbedaan tekanan.

e. Klorinasi

Air dari pengolahan sebelumnya akan dicampur dengan klorin dalam bentuk kaporit untuk menghilangkan jamur, bakteri, dan mikroorganisme. Air yang telah mengalami proses klorinasi kemudian ditampung pada tangki air bersih untuk kemudian didistribusikan sebagai air domestik. Klorin dalam air akan membentuk asam hipoklorit menurut reaksi berikut :



Selanjutnya asam hipoklorit akan pecah sesuai reaksi berikut :



f. Tangki Pendingin dan *Cooling Tower*

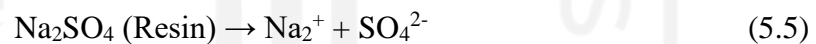
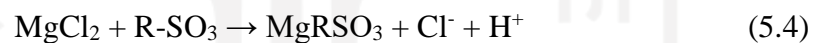
Air yang telah digunakan oleh alat proses sebelumnya akan mengakibatkan *temperature* airnya naik karena adanya perpindahan panas sehingga perlu didinginkan kembali menggunakan *cooling tower*. Pendinginan air dilakukan dengan cara mengkontakkan air secara langsung dengan udara sehingga sebagian kecil air akan menguap dan airnya dapat digunakan kembali sebagai air pendingin.

g. *Ion Exchanger*

Air yang akan digunakan untuk umpan *boiler* dan umpan pada unit proses harus memenuhi persyaratan bebas dari kandungan garam murni terlarut. Proses demineralisasi ini bertujuan untuk menghilangkan ion yang terkandung dalam *filtered water*. Pada tahap ini terjadi proses pengolahan berupa kation *exchanger* dan anion *exchanger*.

- *Kation Exchanger*

Pada kation *exchanger* berisi resin pengganti kation dimana kandungan kation dalam air akan diganti dengan ion H^+ sehingga air yang akan keluar adalah air yang mengandung anion dan ion H^+ . Adapun reaksi yang terjadi dalam kation *exchanger* dapat dituliskan sebagai berikut:



Akan tetapi dalam jangka waktu tertentu kation resin ini akan jenuh sehingga perlu diregenerasi kembali dengan asam sulfat. Adapun reaksi regenerasinya dapat dituliskan sebagai berikut :



- *Anion Exchanger*

Anion exchanger berfungsi untuk mengikat ion-ion negatif (anion) yang terlarut dalam reaksi dengan menggunakan resin yang bersifat basa. Adapun reaksi yang terjadi dalam anion *exchanger* dapat dituliskan sebagai berikut:



Akan tetapi dalam jangka waktu tertentu anion resin ini akan jenuh sehingga perlu diregenerasi kembali dengan NaOH. Adapun reaksi regenerasinya dapat dituliskan sebagai berikut :



h. Deaerasi

Selanjutnya air yang telah mengalami demineralisasi atau penghilangan kandungan garam akan mengalami proses deaerasi. Pada tahap ini terjadi penghilangan kadar oksigen (O_2) dan gas terlarut seperti CO_2 untuk selanjutnya digunakan sebagai umpan ketel (*boiler*). Air yang akan mengalami proses deaerasi akan dipompakan ke dalam deaerator dan diinjeksikan hidrazin (N_2H_4) untuk mengikat oksigen yang terkandung dalam air sehingga dapat mencegah adanya korosi pada *tube*. Reaksi yang terjadi di deaerator adalah sebagai berikut :



i. Tangki Penampung Sementara

Tangki penampung sementara ini digunakan untuk menampung air yang sudah diolah untuk selanjutnya di distribusikan menuju alat-alat pabrik.

5. 2 Unit Pembangkit Steam

Unit penyedia steam bertujuan untuk mencukupi kebutuhan steam sebesar 885,891 Kg/Jam pada proses produksi dengan menggunakan ketel uap (*boiler*). *Boiler* yang digunakan dilengkapi dengan unit *economizer safety valve system* dan pengaman yang bekerja secara otomatis. Air yang masuk ke *boiler* adalah

air dengan kesadahan rendah, hal ini dikarenakan air dengan kesadahan tinggi dapat menimbulkan kerak pada *boiler* tersebut. Air yang akan digunakan sebelum masuk ke *boiler* diolah terlebih dahulu di *deaerator* untuk menghilangkan gas-gas terlarut seperti oksigen.

Di dalam *boiler*, api yang keluar dari alat pembakaran atau *burner* bertugas untuk memanaskan tungku pembakaran dan lorong api. Gas sisa pembakarannya akan masuk ke *economizer* sebelum kemudian dibuang melalui cerobong asap, sehingga air yang berada di dalam *boiler* akan menyerap panas dari dinding dan pipanya sehingga air menjadi mendidih. Uap air yang terbentuk nantinya akan dialirkan ke *steam header* untuk disalurkan ke area proses.

5.3 Unit Penyedia Dowtherm

Unit ini berfungsi sebagai penyedia *dowtherm* yang digunakan sebagai media pendingin reaktor dan kondenser parsial. Dimana *dowtherm* yang digunakan merupakan *dowtherm A* dengan pertimbangan bahwa jenis *dowtherm* ini mampu bekerja pada suhu yang tinggi sehingga lebih efektif jika dibandingkan dengan penggunaan air pendingin biasa yang dimungkinkan ikut menjadi panas dan menguap terlebih dahulu sebelum proses pendinginan berakhir.

Dowtherm A terdiri dari senyawa dipenil eter dan bipenil eter yang dapat digunakan dalam fase cair dan uap dengan kisaran aplikasi pada rentang 15-400 °C dan tekanan 1-10,6 bar. Jumlah *dowtherm* yang digunakan adalah sebesar 125,645 Kg/Jam diperoleh dari PT. Samiraschem Indonesia, Jakarta Timur.

5.4 Unit Pembangkit Listrik

Kebutuhan listrik pada pabrik ini direncanakan akan dipenuhi oleh PLTU Krakatau Daya Listrik. Selain itu jika terjadi gangguan pada PLTU digunakan

sebuah diesel untuk menggerakkan power yang dinilai penting seperti *boiler*, kompresor dan pompa. Prinsip kerja dari generator ini adalah solar dan udara yang terbakar secara kompresi selanjutnya akan menghasilkan panas. Panas nantinya digunakan untuk menghidupkan generator dan menghasilkan tenaga listrik kemudian di distribusikan ke panel dan selanjutnya dialirkan ke unit pemakai.

Kebutuhan listrik dari pabrik dapat dibagi menjadi 2, yaitu :

1. Listrik untuk *plant*

- Listrik untuk penggerak motor

Beberapa peralatan proses menggunakan listrik sebagai penggerak motornya. Adapun daya yang dibutuhkan oleh masing-masing peralatan proses dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut :

Tabel 5.6 Daya motor untuk peralatan proses

| Alat | Kode Alat | Daya | |
|----------------------------|-----------|--------|----------|
| | | Hp | Watt |
| <i>Ekspansion Valve-01</i> | Eks-01 | 15 | 11.185,5 |
| <i>Compressor -01</i> | C-01 | 0,333 | 248,542 |
| Reaktor | R-01 | 15 | 11.185,5 |
| <i>Ekspansion Valve-02</i> | Eks-02 | 40 | 29.828 |
| Pompa-01 | P-01 | 0,125 | 93,213 |
| Pompa-02 | P-02 | 0,167 | 124,286 |
| Pompa-03 | P-03 | 0,125 | 93,213 |
| Pompa-04 | P-04 | 0,05 | 37,285 |
| <i>Compressor -02</i> | C-02 | 5 | 3.728,5 |
| <i>Ekspansion Valve-03</i> | Eks-03 | 1 | 745,7 |
| <i>Ekspansion Valve-04</i> | Eks-04 | 2 | 1.491,4 |
| Total | | 78,780 | 58.761,1 |

- Peralatan utilitas

Pada peralatan utilitas dibutuhkan sejumlah daya untuk menggerakkan motor yang dapat dilihat pada Tabel 5.7 berikut :

Tabel 5.7 Daya motor untuk peralatan utilitas

| Alat | Kode Alat | Daya | |
|---------------|-----------|--------|----------|
| | | Hp | Watt |
| Cooling Tower | CT-1 | 2 | 1.491,4 |
| Udara Tekan | UT-1 | 15 | 11.185,5 |
| Pompa-01 | PU-1 | 2 | 1.491,4 |
| Pompa-02 | PU-2 | 2 | 1.491,4 |
| Pompa-03 | PU-3 | 2 | 1.491,4 |
| Pompa-04 | PU-4 | 2 | 1.491,4 |
| Pompa-05 | PU-5 | 0,125 | 93,213 |
| Pompa-06 | PU-6 | 1,5 | 11.185,5 |
| Pompa-07 | PU-7 | 1,5 | 11.185,5 |
| Pompa-08 | PU-8 | 0,333 | 248,542 |
| Pompa-09 | PU-9 | 0,333 | 248,542 |
| Pompa-10 | PU-10 | 0,083 | 62,117 |
| Pompa-11 | PU-11 | 0,25 | 186,425 |
| Total | | 29,125 | 21.718,4 |

2. Listrik untuk peralatan penunjang

- Peralatan bengkel dan laboratorium berupa fasilitas pemeliharaan maupun peralatan dalam sebuah pabrik memerlukan daya sebesar 11,186 kW.
- Peralatan instrumentasi yang digunakan berupa alat kontrol dan pendeteksi memerlukan daya sebesar 18,643 kW.
- Penerangan untuk lampu jalan, penerangan *instrument* pabrik, kantor dan lingkungan sekitar pabrik memerlukan daya sebesar 11,186 kW.
- Peralatan kantor seperti pendingin ruangan, komputer, pengeras suara, interkom dan alat lain memerlukan daya listrik sebesar 11,186 kW.

3. Listrik untuk perumahan

Listrik untuk kebutuhan perumahan dalam pabrik diperkirakan memerlukan daya sebesar 12,8 kW.

Tabel 5.8 berikut merupakan daftar semua kebutuhan listrik yang digunakan :

Tabel 5.8 Kebutuhan listrik pabrik

| No. | Keperluan | Kebuthan(kW) |
|-------|------------------------|--------------|
| 1 | Kebutuhan <i>Plant</i> | 80,480 |
| 2 | Peralatan Penunjang | 52,2 |
| 3 | Perumahan | 12,8 |
| Total | | 145,479 |

Maka kebutuhan listrik secara keseluruhan pada perancangan pabrik ini digunakan faktor keamanan sebesar 20% sehingga kebutuhan pembangkit listrik sebesar 174,574 kW.

5. 5 Unit Penyedia Udara Tekan

Unit penyedia udara tekan ini digunakan untuk menggerakkan *instrument* pengendali yang bekerja secara *pneumatic*. Udara tekan yang digunakan berada pada tekanan 6 bar dan suhu 30 °C dimana setiap alat kontrol membutuhkan udara tekan sebanyak 1,7 m³/jam sesuai standar kebutuhan udara dari PT Indo Acidatama Tbk. Jumlah alat kontrol yang digunakan sebanyak 48 buah sehingga total keseluruhan kebutuhan udara tekan adalah 81,553 m³/jam. Selanjutnya digunakan faktor kemananan 20% sehingga kebutuhan udara tekan sebesar 97,863 m³/jam. Kebutuhan udara tekan diperoleh dari kompresor yang dilengkapi dengan *dryer* yang berisi *silica gel*. Adapun spesifikasi kompresor yang digunakan :

| | |
|--------|---|
| Kode | : COM |
| Fungsi | : Mengompres udara menjadi udara bertekan |
| Jenis | : <i>Centrifugal compresor</i> |
| Jumlah | : 1 buah |

Kapasitas : 97,863 m³/jam

Tekanan *suction* : 1 atm

Tekanan *discharge* : 5,9 atm

Suhu udara : 30 °C

Efisiensi : 80%

Daya kompresor : 15 Hp

5. 6 Unit Penyedia Bahan Bakar

Unit penyedia bahan bakar bertujuan untuk menyediakan bahan bakar yang digunakan pada *boiler*, *furnace* dan generator listrik. Bahan bakar yang dibutuhkan adalah solar untuk menghidupkan *boiler* dan generator listrik sebanyak 88,114 Kg/Jam dan *fuel oil* sebesar 850,286 Kg/Jam untuk menghidupkan *furnace*.

5. 7 Unit Pengolahan Limbah

Limbah yang dihasilkan dari operasi pabrik ini berupa limbah cair dan gas yang harus diolah terlebih dahulu hingga memenuhi baku mutu lingkungan sebelum dibuang ke lingkungan. Limbah yang dihasilkan pabrik ini adalah sebagai berikut:

- Impuritas cairan yang tidak terpakai seperti C₃H₈, Cl₂, C₃H₅Cl, dan C₃H₄Cl yang berasal dari hasil bawah Separator-03 dan dialirkan menuju unit pengolahan limbah.
- Impuritas gas berupa H₂ dan CO₂ yang berasal dari hasil atas Separator-02 dan dialirkan menuju unit pengolahan limbah.
- Air limbah laboratorium yang mengandung zat-zat kimia harus melalui proses pengolahan limbah berupa *physical treatment* (pengendapan dan penyaringan),

chemical treatment (penambahan zat kimia dan pengontrolan pH) dan *biological treatment* sebelum dibuang.

- Buangan air sanitasi yang mengandung bakteri dari beberapa sumber kotoran sehingga harus ditambahkan desinfektan berupa lumpur aktif dan injeksi klorin untuk membunuh mikroorganisme yang dapat menimbulkan penyakit.
- *Back wash filter*, air berminyak dari pelumas pompa perlu diolah atau dipisahkan dengan prinsip perbedaan berat jenisnya. Minyak yang berada dibagian atas akan dialirkan ke penampungan minyak dan diolah dengan pembakaran di dalam tungku pembakar, sedangkan air dibagian bawahnya dialirkan menuju penampungan akhir untuk kemudian dibuang.
- Air buangan utilitas yang berasal dari unit demineralisasi atau *blowdown cooling water* dan sisa regenerasi resin yang bersifat asam atau basa sehingga perlu dilakukan penetralan pH menggunakan H_2SO_4 jika pH air kurang dari 7 atau NaOH jika pH air lebih dari 7 sebelum dialirkan ke penampungan akhir atau ke tempat pembuangan.

BAB VI

EVALUASI EKONOMI

Evaluasi ekonomi bertujuan untuk mengetahui apakah pabrik yang didirikan merupakan investasi layak dan menguntungkan atau malah merugikan. Evaluasi ekonomi sangat penting untuk kebutuhan pra rancangan pabrik *allyl chloride* sebagai peninjauan kebutuhan modal investasi, besar keuntungan yang diperoleh, lama modal investasi dapat dikembalikan dan total produksi sama dengan keuntungan yang diperoleh. Dengan adanya evaluasi ini dapat menjadi suatu dasar kelayakan untuk mendirikan suatu pabrik. Faktor-faktor yang mempengaruhi evaluasi ekonomi diantaranya sebagai berikut :

1. *Return On Investment (ROI)*
2. *Pay Out Time (POT)*
3. *Break Even Point (BEP)*
4. *Shut Down Point (SDP)*
5. *Discount Cash Flow Rate Of Return (DCFR)*

Sebelum dilakukan analisa terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi diatas, maka perlu adanya perkiraan terhadap beberapa hal :

1. Penentuan Modal Industri (*Total Capital Investment*), meliputi :
 - a. Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*)
 - b. Modal Kerja (*Working Capital Investment*)
2. Penentuan Biaya Produksi Total (*Total Production Cost*), meliputi :
 - a. Biaya Pembuatan (*Manufacturing Cost*)
 - b. Biaya Pengeluaran Umum (*General Expenses*)

Untuk mengetahui titik balik, maka diperlukan beberapa perkiraan meliputi:

- a. Biaya Tetap (*Fixed Cost*)
- b. Biaya Tidak Tetap (*Regulated Cost*)
- c. Biaya Variabel (*Variable Cost*)

6.1. Penaksiran Harga Alat

Harga masing-masing alat yang digunakan akan berubah setiap saat tergantung pada kondisi ekonomi yang mempengaruhinya. Oleh karena itu, untuk mengetahui harga masing-masing alat digunakan cara untuk memperkiraan harga alat tertentu. Harga alat proses produksi pada tahun rencana pabrik didirikan yaitu pada tahun 2027 ditentukan dengan index harga alat. Index harga pada tahun perencanaan yaitu tahun 2022 ditentukan dengan regresi linear terhadap index harga tahun sebelumnya, data index harga tersebut didapat dari *Chemical Engineering Plant Cost* (CEPCI) seperti yang ditunjukkan pada Tabel 6.1 berikut :

Tabel 6.1 Index harga alat

| Tahun (X) | Indeks (Y) |
|------------------|-------------------|
| 1990 | 357,600 |
| 1991 | 361,300 |
| 1992 | 358,200 |
| 1993 | 359,200 |
| 1994 | 368,100 |
| 1995 | 381,100 |
| 1996 | 381,700 |
| 1997 | 386,500 |
| 1998 | 389,500 |
| 1999 | 390,600 |
| 2000 | 394,100 |
| 2001 | 394,300 |
| 2002 | 395,600 |
| 2003 | 402,000 |
| 2004 | 444,200 |
| 2005 | 468,200 |

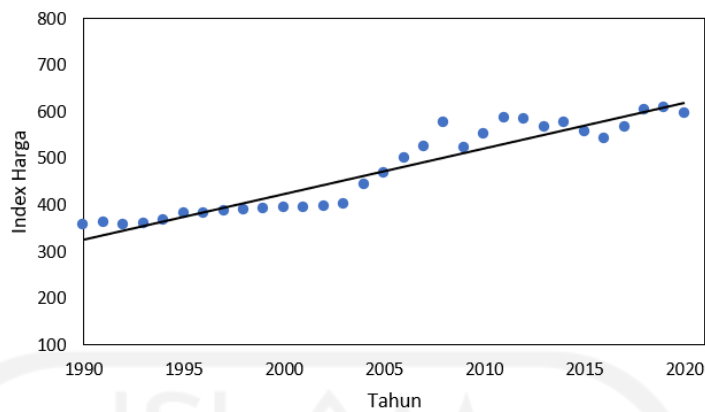
Tabel 6.1 Index harga alat (Lanjutan)

| Tahun (X) | Indeks (Y) |
|------------------|-------------------|
| 2006 | 499,600 |
| 2007 | 525,400 |
| 2008 | 575,400 |
| 2009 | 521,900 |
| 2010 | 550,800 |
| 2011 | 585,700 |
| 2012 | 584,600 |
| 2013 | 567,300 |
| 2014 | 576,100 |
| 2015 | 556,800 |
| 2016 | 541,700 |
| 2017 | 567,500 |
| 2018 | 603,100 |
| 2019 | 607,500 |
| 2020 | 596,200 |
| 2021 | 776,300 |

Berdasarkan Tabel 6.1 diatas, maka diperoleh persamaan regresi linear sebagai berikut :

$$Y = 10,605x - 20785 \quad (6.1)$$

Rencana pendirian pabrik *allyl chloride* dengan kapasitas pabrik 15.000 ton/tahun yaitu pada tahun 2027. Dengan menggunakan persamaan di atas, dapat menstutitusikan nilai x menjadi 2027, maka diperoleh harga indek pada tahun 2027 sebesar 711,335. Berikut ini merupakan grafik hubungan antara tahun dan index harga yang ditunjukkan pada Gambar 6.1.



Gambar 6.1 Grafik index harga vs tahun

Harga alat dan lainnya dihitung pada tahun evaluasi yaitu tahun 2027.

persamaan yang digunakan untuk menghitung harga alat pada tahun evaluasi yaitu :

$$Ex = Ey \cdot \frac{Nx}{Ny} \quad (6.2)$$

(Aries & Newton, 1955)

Keterangan :

Ex = harga pembelian pada tahun 2027

Ey = harga pembelian pada tahun referensi

Nx = index harga pada tahun 2027

Ny = index harga pada tahun referensi

6.2. Dasar Perhitungan

Kapasitas pabrik = 15.000 ton/tahun

Satu tahun operasi = 330 hari

Umur pabrik = 10 tahun

Tahun pedirian pabrik = 2027

Kurs mata uang = 1 US \$ = Rp. 14.621,05 (Juni 2022)

| | |
|---|---------------------------------|
| Harga bahan baku (Propilen) | = Rp. 173.792.598.842,- / tahun |
| Harga bahan baku (Klorin) | = Rp. 383.217.584.140,- / tahun |
| Harga katalis (FeCl ₃) | = Rp. 2.160.000.000,- / tahun |
| Harga produk utama (<i>Allyl chloride</i>) | = Rp. 570.000.000.000,- / tahun |
| Harga produk samping (C ₃ H ₄ Cl ₂) | = Rp. 32.995.7197.654,- /tahun |
| Harga produk samping (HCl) | = Rp. 328.252.662.271,- /tahun |

6.3. Perhitungan Biaya

6.3.1. *Capital Investment*

Capital investmetnt adalah jumlah pengeluaran yang dibutuhkan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik dan pengoperasian pabrik. *Capital investmetnt* terdiri dari :

a. *Fixed Capital Investmetnt*

Fixed capital investmetnt adalah biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas yang ada di pabrik

b. *Working Capital Investment*

Working capital investment adalah biaya yang diperlukan untuk pengoperasian suatu pabrik selama waktu tertentu.

6.3.2 *Manufacturing Cost*

Manufacturing cost adalah biaya yang diperlukan untuk kegiatan produksi suatu produk. *Manufacturing cost* terdiri dari *direct*, *indirect*, dan *fixed manufacturing cost* yang berkaitan dengan proses pembuatan produknya.

Menurut Aries dan Newton, *manufacturing cost* meliputi :

a. *Direct Cost*

Direct cost adalah biaya pengeluaran yang berhubungan langsung dengan pembuatan produk seperti *raw material, labor cost, supervisory expend, maintenance cost, plant supplies cost, royalties and patents dan cost of utilities.*

b. *Indirect Cost*

Indirect Cost adalah biaya pengeluaran sebagai akibat dan bukan langsung karena operasi suatu pabrik.

c. *Fixed Cost*

Fixed Cost adalah biaya pengeluaran yang bersifat tetap, yang tidak dipengaruhi oleh tingkat produksi dan waktu atau pengeluaran ketika pabrik beroperasi maupun tidak beroperasi.

6.3.3 *General Expense*

General Expense adalah biaya pengeluaran umum yang berkaitan dengan fungsi perusahaan dan tidak termasuk *manufacturing cost.*

6.4. Analisa Kelayakan

Analisa kelayakan atau evaluasi kelayakan suatu perancangan pabrik dilakukan dengan tujuan mengetahui keuntungan yang diperoleh. Studi kelayakan pabrik *allyl chloride* dapat dilihat dari parameter-parameter ekonomi. Cara yang dilakukan untuk menyatakan kelayakan adalah :

6.4.1 *Return On Investment (ROI)*

Return on investment adalah perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahunnya, berdasarkan kecepatan pengembalian modal tetap yang

diinvestasikan. Persamaan yang digunakan untuk menghitung percent *return of investment* yaitu sebagai berikut :

$$ROI = \frac{\text{Keuntungan}}{\text{Fixed Capital}} \times 100\% \quad (6.3)$$

Keuntungan atau profit yang dihitung berdasarkan *annual sales* (Sa) dan *total manufacturing cost*. *Finance* akan dihitung sebagai komponen yang berisikan pengembalian hutang selama pembangunan pabrik. Pabrik dengan risiko rendah mempunyai minimum ROI *before tax* sebesar 11% sedangkan pada pabrik dengan risiko tinggi mempunyai minimum ROI *before tax* sebesar 44%.

6.4.2 Pay Out Time (POT)

Pay out time adalah waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini dilakukan dengan tujuan mengetahui pada tahun berapa modal investasi akan kembali. Persamaan yang digunakan untuk menghitung POT adalah :

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{\text{Keuntungan Tahunan} + \text{Depresiasi}} \quad (6.4)$$

Pada pabrik dengan risiko rendah mempunyai nilai POT maksimal 5 tahun, sedangkan pabrik yang risiko tinggi mempunyai nilai POT maksimal 2 tahun.

6.4.3 Break Even Point (BEP)

Break Even Point adalah titik balik dimana pabrik tidak mengalami keuntungan maupun kerugian. Pada kondisi ini kapasitas produksi pada saat *sales* sama dengan *total cost*. Pabrik akan mengalami kerugian jika beroperasi dibawah nilai BEP, dan akan mengalami keuntungan apabila beroperasi diatas nilai BEP. Nilai BEP pada umumnya memiliki nilai berkisar antara 40-60%. Persamaan yang digunakan untuk menghitung BEP adalah sebagai berikut :

$$BEP = \frac{(Fa + 0,3 Ra)}{(Sa - Va - 0,7 Ra)} \times 100\% \quad (6.5)$$

Keterangan :

Fa = *Annual fixed manufacturing cost* pada produksi maksimum

Ra = *Annual regulated expenses* pada produksi maksimum

Sa = *Annual sales value* pada produksi maksimum

Va = *Annual variable value* pada produksi maksimum

6.4.4 Shut Down Point (SDP)

Shut down point adalah titik dimana suatu kegiatan produksi dihentikan. Penghentian ini terjadi karena beberapa faktor seperti keputusan manajemen karena kegiatan produksi yang tidak ekonomis, atau akibat dari *variable cost* yang terlalu tinggi. Dalam setahun, persen kapasitas minimum pabrik bisa mencapai kapasitas produk yang diinginkan. Namun, jika pabrik tersebut dalam setahun tidak bisa mencapai kapasitas minimum yang diinginkan maka operasi pabrik harus dihentikan. Hal tersebut dikarenakan biaya yang akan dikeluarkan untuk melanjutkan proses produksi akan lebih mahal dibandingkan dengan biaya yang digunakan untuk membayar *fixed cost* dan menutup pabrik. Persamaan yang digunakan untuk menghitung SDP adalah sebagai berikut :

$$SDP = \frac{0,3 Ra}{(Sa - Va - 0,7 Ra)} \times 100\% \quad (6.6)$$

6.4.5 Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)

Discounted cash flow rate of return adalah perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahunnya. Didasarkan atas investasi yang tidak kembali setiap

akhir tahun selama umur pabrik. Persamaan yang digunakan untuk menghitung DCFR adalah sebagai berikut :

$$(FC + WC)(1 + i)^n = C \sum_{n=0}^{n-1} (1 + i)^n + WC + SV \quad (6.7)$$

Keterangan :

FC = *Fixed Capital*

WC = *Working Capital*

SV = *Salvage Value*

C = *Cash Flow* (keuntungan setelah pajak + depresiasi+ finance)

n = Umur Pabrik

i = Nilai DCFR

6.5 Hasil Perhitungan

Pendirian pabrik *allyl chloride* memerlukan perencanaan keuangan dan analisis yang baik untuk meninjau apakah pabrik layak untuk didirikan atau tidak.

Tabel 6.2 *Physical plant cost (PPC)*

| Komponen | Harga |
|---|--------------------------|
| 1. <i>Purchased Equipment Cost (PEC)</i> | Rp36.094.488.389 |
| 2. <i>Delivered Equipment Cost (DEC)</i> | Rp9.023.622.097 |
| 3. <i>Instalation Cost</i> (Biaya pemasangan) | Rp15.520.630.007 |
| 4. <i>Piping Cost</i> (Biaya Pemipaan) | Rp31.041.260.015 |
| 5. <i>Instrumentation</i> (Biaya instrumentasi) | Rp10.828.346.517 |
| 6. <i>Insulation Cost</i> (Biaya Isolasi) | Rp2.887.559.071 |
| 7. <i>Electrical cost</i> (Biaya listrik) | Rp3.609.448.839 |
| 8. <i>Building cost</i> (biaya bangunan) | Rp35.903.000.000 |
| 9. <i>Land & Yard improvement</i> (tanah & perluasan lahan) | Rp48.803.000.000 |
| Total | Rp193.711.354.935 |

Tabel 6.3 Direct plant cost

| Komponen | Harga |
|--|--------------------------|
| 1. <i>Engineering & Construction</i> | Rp38.742.270.987 |
| <i>Direct Plant Cost (DPC) = PPC+ Engineering & Construction</i> | Rp232.453.625.922 |

Tabel 6.4 Fixed capital investment

| Komponen | Harga |
|-----------------------------|--------------------------|
| 1. <i>Direct Plant Cost</i> | Rp232.453.625.922 |
| 2. <i>Contractor Fee</i> | Rp9.298.145.037 |
| 3. <i>Contingency</i> | Rp34.868.043.888 |
| Total | Rp276.619.814.847 |

Tabel 6.5 Direct manufacturing cost

| Komponen | Harga |
|-------------------------------------|--------------------------|
| a. <i>Raw Material (bahan baku)</i> | Rp27.661.981.485 |
| b. <i>Tenaga kerja (labor cost)</i> | Rp5.532.396.297 |
| c. <i>Supervisory</i> | Rp2.766.198.148 |
| d. <i>Maintenance</i> | Rp35.960.575.930 |
| e. <i>Plant supplies</i> | Rp829.859.445 |
| f. <i>Royalties and patents</i> | Rp9.312.478.599 |
| g. <i>Utilitas</i> | Rp3.382.415.576 |
| Total | Rp598.331.172.899 |

Tabel 6.6 Indirect manufacturing cost

| Komponen | Harga |
|------------------------------------|-------------------------|
| a. <i>Payroll Overhead</i> | Rp2.622.240.000 |
| b. <i>Laboratory</i> | Rp1.748.160.000 |
| c. <i>Plant Overhead</i> | Rp10.488.960.000 |
| d. <i>Packaging & shipping</i> | Rp46.562.392.996 |
| Total | Rp61.421.752.996 |

Tabel 6.7 *Fixed manufacturing cost*

| Komponen | Harga |
|--------------------------|-------------------------|
| <i>a. Depreciation</i> | Rp27.661.981.485 |
| <i>b. Property Taxes</i> | Rp5.532.396.297 |
| <i>c. Insurance</i> | Rp2.766.198.148 |
| Total | Rp35.960.575.930 |

Tabel 6.8 *Manufacturing cost*

| Komponen | Harga |
|---|--------------------------|
| 1. <i>Direct manufacturing cost (DMC)</i> | Rp598.331.172.899 |
| 2. <i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i> | Rp61.421.752.996 |
| 3. <i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i> | Rp35.960.575.930 |
| Total | Rp695.713.501.826 |

Tabel 6.9 *Working capital*

| Komponen | Harga |
|----------------------------------|--------------------------|
| 1. <i>Raw Material Inventory</i> | Rp558.746.662 |
| 2. <i>In Process Inventory</i> | Rp63.246.681.984 |
| 3. <i>Product Inventory</i> | Rp126.493.363.968 |
| 4. <i>Extended Credit</i> | Rp169.317.792.714 |
| 5. <i>Available Cash</i> | Rp126.493.363.968 |
| Total | Rp486.109.949.296 |

Tabel 6.10 *General expenses*

| Komponen | Harga |
|--------------------------|--------------------------|
| 1. <i>Administration</i> | Rp27.828.540.073 |
| 2. <i>Sales Expense</i> | Rp34.785.675.091 |
| 3. <i>Research</i> | Rp27.828.540.073 |
| 4. <i>Finance</i> | Rp22.881.892.924 |
| Total | Rp113.324.648.162 |

Tabel 6.11 Total production cost

| Komponen | Harga |
|-----------------------------------|--------------------------|
| 1. <i>Manufacturing Cost (MC)</i> | Rp695.713.501.826 |
| 2. <i>General Expenses (GE)</i> | Rp113.324.648.162 |
| Total | Rp809.038.149.987 |

Tabel 6.12 Fixed cost

| Komponen | Harga |
|--------------------------|-------------------------|
| a. <i>Depreciation</i> | Rp27.661.981.485 |
| b. <i>Property Taxes</i> | Rp5.532.396.297 |
| c. <i>Insurance</i> | Rp2.766.198.148 |
| Total | Rp35.960.575.930 |

Tabel 6.13 Variable cost

| Komponen | Harga |
|------------------------------------|--------------------------|
| 1. <i>Raw Material</i> | Rp559.170.182.982 |
| 2. <i>Packaging & Shipping</i> | Rp46.562.392.996 |
| 3. <i>Utility</i> | Rp3.382.415.576 |
| 4. <i>Royalty & Patent</i> | Rp9.312.478.599 |
| Total Va | Rp618.427.470.154 |

Tabel 6.14 Regulated cost

| Komponen | Harga |
|----------------------------|--------------------------|
| 1. <i>Labor</i> | Rp17.481.600.000 |
| 2. <i>Payroll Overhead</i> | Rp2.622.240.000 |
| 3. <i>Supervision</i> | Rp2.622.240.000 |
| 4. <i>Plant Overhead</i> | Rp10.488.960.000 |
| 5. <i>Laboratory</i> | Rp1.748.160.000 |
| 6. <i>General Expense</i> | Rp113.324.648.162 |
| 7. <i>Maintenance</i> | Rp5.532.396.297 |
| 8. <i>Plant Supplies</i> | Rp829.859.445 |
| Total Ra | Rp154.650.103.903 |

6.6. Hasil Analisa Keuntungan

| | |
|--------------------------|---------------------------------|
| Total penjualan | = Rp. 931.247.859.924,- / tahun |
| Total produksi | = Rp. 809.038.149.987,- / tahun |
| Keuntungan sebelum pajak | = Rp. 122.209.709.937,- / tahun |
| Pajak pendapatan | = Rp. 36.662.912.981,- / tahun |
| Keuntungan setelah pajak | = Rp. 85.546.796.956,- / tahun |

6.7 Hasil Kelayakan Ekonomi

6.7.1 Return On Investment (ROI)

$$\text{ROI} = \frac{\text{Keuntungan}}{\text{Fixed Capital}} \times 100\% \quad (6.3)$$

$$\text{ROI sebelum pajak} = 44,18\%$$

$$\text{ROI setelah pajak} = 30,93\%$$

6.7.2 Pay Out Time (POT)

$$\text{POT} = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{\text{Keuntungan Tahunan} + \text{Depresiasi}} \quad (6.4)$$

$$\text{POT sebelum pajak} = 1,846 \text{ tahun}$$

$$\text{POT setelah pajak} = 2,443 \text{ tahun}$$

6.7.3 Break Even Point (BEP)

$$\text{BEP} = \frac{(\text{Fa} + 0,3 \text{ Ra})}{(\text{Sa} - \text{Va} - 0,7 \text{ Ra})} \times 100\% \quad (6.5)$$

$$\text{BEP} = 40,26\%$$

6.7.4 Shut Down Point (SDP)

$$\text{SDP} = \frac{0,3 \text{ Ra}}{(\text{Sa} - \text{Va} - 0,7 \text{ Ra})} \times 100\% \quad (6.6)$$

$$\text{SDP} = 22,68\%$$

6.7.5 Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)

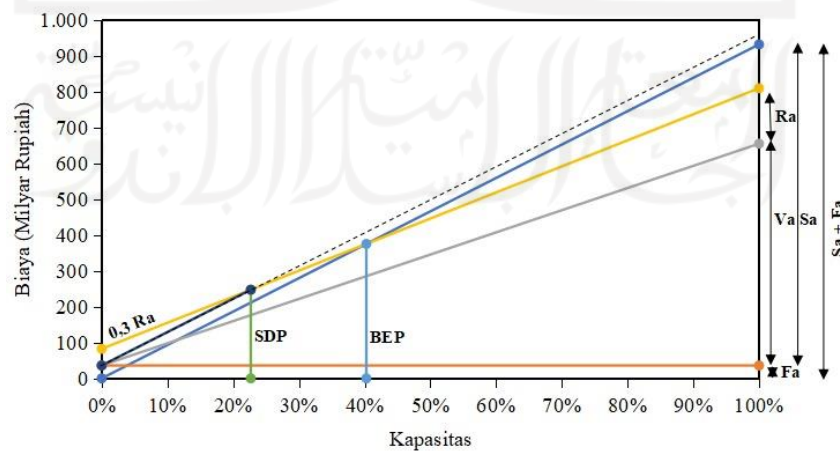
$$(\text{FC} + \text{WC})(1 + i)^n = C \sum_{n=0}^{n-1} (1 + i)^n + \text{WC} + \text{SV} \quad (6.7)$$

| | |
|--------------------------------------|-------------------------|
| Umur pabrik | = 10 tahun |
| <i>Fixed Capital Investment (FC)</i> | = Rp. 262.709.278.369,- |
| <i>Working Capital (WC)</i> | = Rp. 470.040.006.014,- |
| <i>Salvage Value(SV)</i> | = Rp. 21.016.742.270,- |
| <i>Cash Flow (C)</i> | = Rp. 101.140.689.253,- |
| DCFR | = 16,34 % |

Tabel 6.15 Kesimpulan evaluasi ekonomi

| Kriteria | Terhitung | Syarat Low Risk | Keterangan |
|----------|--|--|------------|
| ROI | Sebelum Pajak : 44,18% Setelah Pajak : 30,93% | ROI Sebelum Pajak Low Risk : Min 11% High Risk : Min 44% | Sesuai |
| POT | Sebelum Pajak : 1,846 th Setelah Pajak : 2,443 th | POT Sebelum Pajak Low Risk : Max 5 th High Risk : Max 2 th | Sesuai |
| BEP | 40,26% | Berkisar 40-60% | Sesuai |
| SDP | 22,68% | Berkisar 20-30% | Sesuai |
| DCFR | 16,34 % | > 1,5% Bunga Bank Minimum : 5,25% | Sesuai |

Selanjutnya hasil perhitungan kelayakan ekonomi pada pendirian pabrik *allyl chloride* dari *propylene* dan *chlorine* dapat di lihat melalui grafik *Break Event Point* pada Gambar 6.2 berikut :



Gambar 6.2 Grafik evaluasi ekonomi

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa pada perancangan pabrik *allyl chloride* dari *propylene* dan gas *chlorine* dengan kapasitas 15.000 ton/tahun, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pendirian pabrik *allyl chloride* dengan kapasitas 15.000 ton/tahun bertujuan untuk memenuhi kebutuhan bahan *intermediate* sebagai penunjang produksi *epichlorohydrin*, (bahan dasar produksi polimer) dan resin sehingga dapat mengurangi ketergantungan impor, menciptakan lapangan kerja serta meningkatkan pertumbuhan ekonomi di Indonesia.
2. *Allyl chloride* diproduksi dengan *chlorinasi propylene* pada suhu 510 °C dan tekanan 3,2 bar dengan bantuan katalis *ferric chloride* pada reaktor *fixed bed multitube* yang berlangsung dalam fasa gas. Reaksi antara gas *chlorine* dan *propylene* dengan konversi 90% terhadap gas *chlorine* menghasilkan *allyl chloride* sebagai produk utama dan produk samping berupa *1,2-dichloropropane*, dan asam klorida.
3. Pabrik akan didirikan di Mekarasari, Cilegon, Banten dengan pertimbangan dekat dengan bahan baku, berada di kawasan industri dan dekat dengan pelabuhan yang dapat memudahkan dalam distribusi produk,
4. Berdasarkan analisis ekonomi pendirian pabrik *allyl chloride* didapatkan hasil sebagai berikut :

- Keuntungan sebelum pajak : Rp.122.209.709.937,-/ tahun
- Keuntungan sesudah pajak : Rp. 85.546.796.956,- / tahun

- *Return of Investment* sebelum pajak : 44,18%
- *Return of Investment* setelah pajak : 30,93%
- *Pay Out Time* sebelum pajak : 1,846 tahun
- *Pay Out Time* setelah pajak : 2,443 tahun
- *Break Even Point* : 40,26%
- *Shut Down Point* : 22,68%
- *Discounted Cash Flow Rate of Return* : 16,34 %

5. Prarancangan pabrik *allyl chloride* dari propylen dan gas chlorine dengan kapasitas 15.000 ton/ tahun ini tergolong sebagai pabrik dengan risiko tinggi berdasarkan tinjauan proses, kondisi operasi, sifat-sifat bahan baku dan produk, dan asal bahan baku.
6. Berdasarkan peninjauan bahan baku, kondisi operasi proses, peluang penjualan produk dan hasil evaluasi ekonomi, dapat disimpulkan bahwa pabrik *allyl chloride* dari *prolylene* dan gas *chlorine* dengan kapasitas 15.000 ton/tahun layak untuk didirikan.

7.2 Saran

Dalam merancang suatu pabrik kimia perlu pemahaman terkait konsep dasar yang dapat meningkatkan kelayakan suatu pabrik kimia, diantaranya adalah :

1. Optimasi pemilihan alat proses dan bahan baku untuk mengoptimalkan keuntungan yang diperoleh.
2. Berkembangnya metode pengolahan limbah hasil pabrik kimia sehingga limbah yang dibuang lebih ramah lingkungan.

3. Produk *allyl chloride* dapat direalisasikan untuk memenuhi kebutuhan yang semakin meningkat.



DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R.S and Newton, R.D. 1954. *Chemical Engineering Cost Estimation*. Mc GrawHill Book Co. Inc, New York.
- Branan, Carl. 2002. *Rules Of Thumb for Chemical Engineers: Third Edition*. Amsterdam: Gulf Professional Publishing an imprint of Elsevier Science.
- Brown, G.G. 1978. *Unit Operation :14th ed*. Modern Asia Edition. John Wiley and Sons. Inc, New York.
- Coulson, J.J and Richardson, J.F. 1983. *Chemical Equipment Design*. John Wiley and Sons. Inc, New York.
- Fogler, H.S.,. 1999. *Elements of Chemical Reaction Engineering: 3rd edition*. Prentice Hall PTR, New Jersey.
- Helm, D Van Der., 1992. *An Economic Case Study of Process Modification for The Allyl Chloride Process*. Oklahoma State University.
- Hill, C.G.,. 1996. *An Introduction to Chemical Engineering Kinetics and Reactor Design*. John Wiley and Sons. Inc, New York.
- Holman, J.P. 1987. *Heat Transfer*. New York: McGraw-Hill.
- Kern, D.Q.,. 1950. *Process Heat Transfer*. McGraw-Hill Companies, Inc., New York.
- Kirk, R.E., and Othmer, D.F.,. 1966. *Encyclopedia of Chemical Technology*. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Levenspiel, O.,. 1999. *Chemical Reaction Engineering 3rd edition*. John Wiley & Sons, New York.
- Mc Cabe, W.L, Smith, J.C, and Harriot, P.,. 1985. *Unit Operation of Chemical Engineering 4th ed*. Mc GrawHill Book Co. Singapore.
- Perry, R.H. and Green, D.W.,. 1980. *Perry's Chemical Engineers' Handbook*. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Peters, M.S and Timmerhouse, K.D., and West., R.E.,. 2004. *Plant Design and Economic's for Chemical engineering's 5th ed*. Mc GrawHill Book Co. Ltd., New York.
- Piccinini, N., Anatra, and Malandrino.1982. *Safety Analysys for an Allyl Chloride Plant*. Plant/Operations Progress 1(1). Istituto di Chimica Industriale del Politecnico di Torino, Italy.

- Powell, Sheppard T., 1954. *Water Conditioning for Industry 1st ed.*, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.
- Rase, H.F and Barrow, M.H., 1957. *Chemical Reactor Design for Process Plant.* John Wiley and Sons. Inc, New York.
- Savkovic.J.B., 2004. *Fault Locator of an Allyl Chloride Plant.* Chem. Ind. 58(9). Faculty of Technology and Metallurgy, University of Belgrade.
- Smith, J.M., 1973. *Chemical Engineering Kinetic's 3rd ed.* Mc GrawHill Book Kogakusha, Tokyo.
- Treyball, R.E., 1979. *Mass Transfer Operation's 3rd ed.* Mc GrawHill Book. Kogakusha, Tokyo.
- Turja, A and Demichela M., 2011. *Risk Based Design of Allyl Chloride Production Plant. Chemical Engineering Transactions, Vol 2.*
- Ullmann. 1987. *Encyclopedia of Industrial Chemistry.* Vol, A.10, 5th edition, VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim Federal Republic of Germany.
- Ulrich, G.D. 1984. *A Guide to Chemical engineering Process Design and Economic's.* John Wiley and Sons. Inc, New York.
- Walas, S.M., 1988. *Chemical Process Equipment Selection and Design.* Butterworth, United State of America.
- Yaws, C.L., 1999. *Chemical Properties Handbook.* McGraw-Hill Companies, Inc., New York.
- Young, E.H., and Brownell, L.E., 1959. *Process Equipment Design: Vessel Design.* McGraw-Hill Companies, Inc., New York.



LAMPIRAN A

LAMPIRAN REAKTOR

| | | |
|--------------------|---|--|
| Fungsi | : | Tempat berlangsungnya reaksi klorinasi antara <i>propylene</i> dengan <i>chlorine</i> sehingga menghasilkan produk <i>allyl chloride</i> . |
| Jenis | : | <i>Fixed bed multitube reactor</i> |
| Kondisi Operasi | : | |
| Tekanan, atm | : | 3,158 |
| Temperatur, °C | : | 510 |
| Reaksi | : | Eksotermis |
| Tujuan Perancangan | : | A. Menentukan Jenis Reaktor B. Menghitung Neraca Massa C. Perancangan Reaktor |

A. Alasan Pemilihan Reaktor

1. Zat pereaksi reaktor berupa fase gas dengan katalis padat.
2. Reaksi berupa eksotermis sehingga memerlukan luas perpindahan panas yang besar supaya kontak dengan pendingin optimal.
3. Tidak diperlukan pemisahan katalis dari gas keluaran reaktor.
4. Umur katalis panjang 12-15 bulan.
5. Membutuhkan sedikit perlengkapan tambahan.
6. Konstruksi reaktor *fixed bed multitube reactor* lebih sederhana jika dibandingkan dengan reaktor *fluidized bed* sehingga biaya pembuatan, operasional, dan perawatannya relatif murah.
7. Pengendalian suhu relatif mudah karena menggunakan tipe *shell and tube*.

B. Neraca Massa

Tabel 1. Neraca massa di reaktor

| Komponen | Input(Kg/Jam) | Output(Kg/Jam) |
|---|------------------|------------------|
| C ₃ H ₆ | 2.868,05 | 1.789,38 |
| C ₃ H ₈ | 18,142 | 18,142 |
| Cl ₂ | 1.923,317 | 19,233 |
| H ₂ | 0,055 | 0,055 |
| CO ₂ | 12,07 | 12,07 |
| C ₃ H ₅ Cl | 0 | 1.868,19 |
| C ₃ H ₄ Cl ₂ | 0 | 135,454 |
| HCl | 0 | 979,109 |
| Total | 4.821,634 | 4.821,634 |

Reaksi yang terjadi dalam reaktor :

Reaksi Utama



Reaksi Samping



C. Perancangan Reaktor

1. Spesifikasi Katalis

Katalis yang digunakan adalah *Ferri Chloride* (FeCl₃) dengan spesifikasi sebagai berikut :

| | | |
|-----------------------------------|---|--|
| Bentuk | : | Padat |
| Diameter, m | : | 0,003 |
| Titik didih, °C | : | 106 |
| Densitas, gr/cm ³ | : | 2,9 |
| Densitas bulk, gr/cm ³ | : | 1,4 |
| Porositas | : | $1 - \frac{\rho_{\text{bulk density}}}{\rho_{\text{padatan}}}$ |
| | : | 0,517 |

(Koruma, 2019)

2. Data-Data Fisis Bahan

Kondisi campuran gas yang bereaksi dalam reaktor mengalami perubahan untuk tiap *increment* panjang reaktor. Persamaan yang digunakan untuk menghitung kondisi campuran gas, sebagai berikut :

- a. Menghitung Berat Molekul Umpan(BM)

$$BM \text{ campuran} = \sum(BM_i \cdot y_i) \quad (3)$$

Keterangan :

BM_i : Berat Molekul Komponen i

y_i : Fraksi Mol Komponen i

Tabel 2. Berat molekul campuran

| Komponen | BM | y_i | $BM \cdot y_i$ |
|--------------|---------|--------|----------------|
| C_3H_6 | 42,081 | 0,71 | 29,878 |
| C_3H_8 | 44,097 | 0,004 | 0,189 |
| Cl_2 | 70,906 | 0,283 | 20,036 |
| H_2 | 2,02 | 0,0003 | 0,001 |
| CO_2 | 44,01 | 0,003 | 0,126 |
| C_3H_5Cl | 76,526 | 0 | 0 |
| $C_3H_4Cl_2$ | 110,971 | 0 | 0 |
| HCl | 36,460 | 0 | 0 |
| Total | | 1 | 50,229 |

Diperoleh BM Campuran = 50,229 Kg/Kmol

- b. Menghitung Volume Gas Umpan

$$V_g = \frac{z \cdot n \cdot R \cdot T}{P} \quad (4)$$

Keterangan

| | | | | |
|----|---|--|---|-------------|
| n | : | Mol umpan, gmol/detik | : | 20,665 |
| R | : | Konstanta gas ideal, cm ³ .atm/gmol.K | : | 82,05 |
| T | : | Temperature umpan, K | : | 573 |
| P | : | Tekanan umpan, atm | : | 3,158 |
| Z | : | Koefisien virial | : | 0,995 |
| Vg | : | Laju alir volumetrik, cm ³ /detik | : | 395.066,960 |
| | | Laju alir volumetrik, m ³ /detik | : | 0,395 |

c. Menentukan Densitas Umpan

$$\rho = \frac{BM_{camp} \times P}{Z \times R \times T} \quad (5)$$

Diperoleh nilai ρ : 0,003 gr/cm³
3,390 kg/m³
213,506 lb/ft³

d. Menghitung Kapasitas Panas (Cp)

Kapasitas panas gas dihitung dengan menggunakan persamaan dari

Yaws (1999), sebagai berikut :

$$C_{pi} = A + BT + CT^2 + DT^3 + ET^4 \quad (6)$$

$$C_p \text{ campuran} = \sum(C_{pi} \cdot y_i) \quad (7)$$

Keterangan :

A,B,C,D,E : Konstanta (yaws,1999)

T : Temperature umpan, 573 K

C_{pi} : Kapasitas panas komponen i

y_i : Fraksi mol komponen i

Tabel 3. Kapasitas Panas (C_p)

| Komponen | y_i | C_p KJ/Kmol.K | $C_p.y_i$ Kj/Kmol.K |
|--------------|--------|--------------------|------------------------|
| C_3H_6 | 0,71 | 102,959 | 73,101 |
| C_3H_8 | 0,004 | 122,710 | 0,526 |
| Cl_2 | 0,283 | 36,465 | 10,304 |
| H_2 | 0,0003 | 29,358 | 0,008 |
| CO_2 | 0,003 | 45,983 | 0,131 |
| C_3H_5Cl | 0 | 116,087 | 0 |
| $C_3H_4Cl_2$ | 0 | 126,301 | 0 |
| HCl | 0 | 29,555 | 0 |
| Total | 1 | 609,417 | 84,070 |

C_p campuran yang didapatkan = 84,070 KJ/Kmol.K

e. Menghitung Viskositas Umpan

Viskositas umpan gas dihitung dengan menggunakan persamaan dari Yaws (1999), sebagai berikut :

$$\mu_i = A + BT + CT^2 \quad (8)$$

$$\mu_i \text{ campuran} = \sum(\mu_i . y_i) \quad (9)$$

Keterangan :

A,B,C,D : konstanta (yaws,1999)

T : *Temperature* Umpan , 573 K

μ_i : Viskositas komponen i, Kg/m.jam

Y_i : fraksi massa komponen i

Tabel 4. Viskositas Campuran

| Komponen | y_i | μ_{gas} kg/jam.m | $y_i * \mu_{\text{gas}}$ kg/jam.m |
|---|--------|--------------------------------|--------------------------------------|
| C ₃ H ₆ | 0,71 | 0,057 | 0,040 |
| C ₃ H ₈ | 0,004 | 0,053 | 0,00023 |
| Cl ₂ | 0,283 | 0,089 | 0,025 |
| H ₂ | 0,0003 | 0,050 | 1,424E-05 |
| CO ₂ | 0,003 | 0,094 | 0,0027 |
| C ₃ H ₅ Cl | 0 | 0,059 | 0 |
| C ₃ H ₄ Cl ₂ | 0 | 0,060 | 0 |
| HCl | 0 | 0,098 | 0 |
| Total | 1 | 0,561 | 0,066 |

Diperoleh $\mu_{\text{gas}} = 0,066 \text{ Kg/m.jam}$

f. Menentukan Konduktivitas Umpan

Konduktivitas panas gas dihitung dengan menggunakan persamaan dari

Yaws (1999), sebagai berikut :

$$k_i = A + BT + CT^2 \quad (10)$$

$$k_i \text{ campuran} = \sum(k_i \cdot y_i) \quad (11)$$

Keterangan :

A,B,C : konstanta (yaws,1999)

T : *Temperature* Umpan , 573 K

K_i : Konduktivitas komponen i, W/m.K

Y_i : fraksi massa komponen i

Tabel 5. Konduktivitas campuran

| Komponen | Yi | K gas W/m.K | Yi* Kgas W/m.K |
|---|--------|----------------|-------------------|
| C ₃ H ₆ | 0,71 | 0,053 | 0,038 |
| C ₃ H ₈ | 0,004 | 0,055 | 0,001 |
| Cl ₂ | 0,283 | 0,018 | 0,005 |
| H ₂ | 0,0003 | 0,281 | 8,037E-05 |
| CO ₂ | 0,003 | -0,067 | -0,001 |
| C ₃ H ₅ Cl | 0 | 0,031 | 0 |
| C ₃ H ₄ Cl ₂ | 0 | 0,026 | 0 |
| HCl | 0 | 0,027 | 0 |
| Total | 1 | 0,424 | 0,043 |

Diperoleh Kgas = 0,043 W/m.K

3. Menghitung Dimensi Reaktor

a. Menentukan Jenis, Ukuran dan Susunan Tube

Diameter pipa reaktor dipilih dengan pertimbangan-pertimbangan yaitu supaya perpindahan panas yang terjadi berjalan dengan baik. Reaksi berjalan secara eksotermis, maka dari itu dipilih aliran gas dalam pipa turbulen supaya koefisien perpindahan panas lebih besar. Pengaruh rasio D_p/D_t terhadap koefisien perpindahan dalam pipa yang berisi serbuk katalisator dibandingkan dengan pipa kosong (hw/h) telah diteliti oleh Colburn's yaitu :

Tabel 6. Diameter Pipa Reaktor

| (Smith, Chem Kinetic Engineering p 511) | | | | | | |
|---|------|-----|------|-----|------|-----|
| D_p/D_t | 0,05 | 0,1 | 0,15 | 0,2 | 0,25 | 0,3 |
| hw/h | 5,5 | 7 | 7,8 | 7,5 | 7 | 6,6 |

Dipilih 0,15 dan 7,8 karena menghasilkan perpindahan panas yang besar

D_p : Diameter Katalisator

Dt : Diameter Tube
 hw : Koefisien perpindahan panas dalam pipa berisi katalis
 h : Koefisien perpindahan panas dalam pipa kosong
 Dp : 0,3 cm
 Dp/Dt : 0,15

Dt : 2 cm
 0,7874 in

Dari tabel 11 *Kern* dipilih tube dengan spesifikasi sebagai berikut :

| | |
|---------------------------------|-----------------------------|
| Jenis Tube | : Steel Pipa |
| BWG | : 18 In |
| OD | : 1 in |
| ID | : 0,902 in |
| Flow Area/Tube | : 0,639 in ² |
| Surface/lin.ft(Outside) | : 0,262 ft ² /ft |
| Surface/lin.ft(Intside) | : 0,236 ft ² /ft |
| Weight per lin g | : 0,545 lb steel |
| P _T (<i>Pitch</i>) | : 1,25 in |
| <i>Clearance</i> (C) | : 0,25 in |

Pipa (tube) disusun dengan pola 'triangular pitch' dipilih supaya turbulensi yang terjadi pada aliran fluida dalam shell menjadi besar, sehingga akan

memperbesar koefisien perpindahan panas konveksi (h_o) dan menyebabkan transfer panas lebih baik dari pada susunan square pitch (Kern, 1983).

b. Menentukan Dimensi Shell

$$ID_s = \sqrt{\frac{4 \cdot N_t \cdot PT^2 \cdot 0,866}{\pi}} \quad (12)$$

$$= 41,226 \text{ in}$$

$$B = (0,2 \sim 1) \times ID_s \quad (13)$$

$$= 0,75 \times ID_s \quad (14)$$

$$= 30,920 \text{ in}$$

$$De = \frac{4(0,5 \cdot PT^2 \cdot 0,866 - 0,5 \cdot \pi \cdot \frac{OD^2}{4})}{0,5 \cdot \pi \cdot OD} \quad (15)$$

$$= 0,724 \text{ in}$$

$$a_s = \frac{ID_s \cdot Ci \cdot B}{144 \cdot PT} \quad (16)$$

$$= 1,77 \text{ in}^2$$

Keterangan :

ID_s : diameter dalam *shell*, in

B : jarak *baffle*, in

De : diameter efektif *shell*, in

a_s : flow area *shell*, in²

c. Menentukan Jumlah Pendingin yang Dibutuhkan

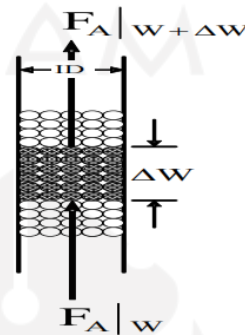
$$W_p = 71 \text{ kg/jam}$$

$$= 560.805 \text{ kg/tahun}$$

d. Persamaan-Persamaan Matematis Reaktor

1) Neraca Massa Pada 1 Tube

Persamaan neraca massa dengan tinjauan pada satu *tube* adalah sebagai berikut :



Gambar 1. Persamaan Neraca Massa Pada Satu Tube

Neraca massa pada elemen volume :

$$V = \frac{\Delta W}{\rho} \quad (17)$$

(Rate of mass input) - (rate of mass output) - (rate of mass reaction) = (rate of mass accumulation)

Reaksi utama :

$$(F_A|_w + F_B|_w) - (F_A|_{w+\Delta w} + F_B|_{w+\Delta w}) - (-r_A) \cdot \frac{\Delta w}{\rho} = 0 \quad (18)$$

$$\lim_{\Delta W \rightarrow 0} \frac{F_A|_{w+\Delta w} - F_A|_w}{\Delta w} + \lim_{\Delta W \rightarrow 0} \frac{F_B|_{w+\Delta w} - F_B|_w}{\Delta w} = -(-r_A) \quad (19)$$

$$\frac{dF_A}{dW} + \frac{dF_B}{dW} = \frac{-(-r_A)}{\rho} \quad (20)$$

Dimana dF_A dan dF_B didefinisikan sebagai berikut

$$F_A = F_{A0} - F_{B0} \cdot X_B$$

$$F_B = F_B - F_{B0} \cdot X_B$$

$$dF_A = -F_{B0} \cdot dX_B$$

$$dF_A = -F_{B0} \cdot dX_B$$

Sehingga Persamaan (20) dapat dijabarkan sebagai berikut :

$$\frac{-F_{B0} \cdot X_B + (-F_{B0}) \cdot X_B}{dW} = \frac{-(-r_A)}{\rho} \quad (21)$$

$$\frac{-2F_{B0} \cdot dX_B}{dW} = \frac{-(-r_A)}{\rho} \quad (22)$$

$$\frac{dX_B}{dW} = \frac{-(-r_A)}{-2 \cdot F_{B0} \cdot \rho} \quad (23)$$

$$\frac{dX_B}{dW} = \frac{K \cdot P_A \cdot P_B}{2 \cdot F_{B0} \cdot \rho} \quad (24)$$

$$P_A = P_{C3H6} = \frac{F_{A0} - F_{B0} \cdot X}{F_T} \rho \quad (25)$$

$$P_B = P_{Cl2} = \frac{F_{B0}(1 - X)}{F_T} \rho \quad (26)$$

Dari persamaan diatas, maka dapat diketahui persamaan umum untuk konsentrasi umpan, sebagai berikut :

2) *Pressure Drop* dalam Tube

Pressure Drop pada pipa berisi katalisator yang dapat dicari dengan menggunakan persamaan Ergun (Fogler, 1999)

$$\frac{dP}{dZ} = - \frac{G}{\rho g_c D_P} \left(\frac{1 - \varepsilon}{\varepsilon^3} \right) \left[\frac{150(1 - \varepsilon)\mu}{D_P} \right] + 1,75 G \quad (27)$$

Keterangan :

ΔP : Tekanan, kPa

Z : Panjang reaktor, m

u : Superficial velocity, m/s

- ρ : Densitas gas, kg/m³
 G : (u. ρ) Superficial mass velocity, kg/m².s
 D_p : Diameter Partikel, m
 ε : Porositas Katalis
 μ : Viskostas Umpan Gas, kg/m.s
 g_c : Percepatan Gravitasi ; 9,8 m/s²

3) Menghitung Berat Katalis

Berat katalis (w) dihitung menggunakan metode Runge-Kutta dan *pressure drop* (ΔP). Dengan penyelesaian persamaan diferensial metode numeris Runge-kutta setiap inkremen z (Δw) dihitung menggunakan *Microsoft Excell*. Berikut ini merupakan perhitungan *pressure drop* menggunakan Persamaan Ergun (Pers 27).

Dari persamaan 28 dapat diketahui bahwa nilai densitas nya bervariasi, dimana nilai densitas dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\rho = \rho_0 \cdot \frac{P}{P_0} \cdot \frac{T}{T_0} \cdot \frac{F_{T0}}{F_T} \quad (28)$$

Sehingga dapat substitusi persamaan 28 dan 27 didapatkan

$$\frac{dP}{dz} = -\beta_0 \cdot \frac{P}{P_0} \cdot \frac{T}{T_0} \cdot \frac{F_{T0}}{F_T} \quad (29)$$

$$\beta_0 = -\frac{G'}{\rho_0 g_c D_p \varepsilon^3} \left(\frac{1-\varepsilon}{\varepsilon^3} \right) \left[\frac{150(1-\varepsilon)\mu}{D_p} \right] + 1,75 G' \quad (30)$$

Dalam perancangan reaktor fixed bed ditinjau berat katalis yang dibutuhkan dalam setiap inkremen z melalui persamaan berikut :

$$W = (1 - \varepsilon) A_c \cdot z \cdot \rho c \quad (31)$$

Sehingga persamaan akhir berat katalis yang digunakan didapatkan dengan substitusi persamaan 31 ke persamaan 27 dan didapatkan persamaan berikut:

$$\frac{dP}{dW} = - \frac{\beta_0}{Ac \cdot \rho_c \cdot (1-\varepsilon)} \cdot \frac{P}{P_0} \cdot \frac{T}{T_0} \cdot \frac{FT_0}{FT} \quad (32)$$

$$\frac{dP}{dW} = - \frac{\alpha}{2} \cdot \frac{P}{P_0} \cdot \frac{T}{T_0} \cdot \frac{FT_0}{FT} \quad (33)$$

$$\alpha = \frac{2\beta_0}{Ac \cdot \rho_c \cdot (1-\varepsilon) \cdot P_0} \quad (34)$$

Persamaan differensial diatas diselesaikan menggunakan metode runge kutta 4 dengan kondisi batas :

$$Z_0 = 0 \text{ m}$$

$$X_0 = 0$$

$$P_0 = 3,2 \text{ atm}$$

$$= 320 \text{ kPa}$$

$$\Delta w = 0,05$$

Persamaan differensial yang digunakan adalah

$$\text{a. } \frac{dP}{dW} = - \frac{\beta_0}{Ac \cdot \rho_c \cdot (1-\varepsilon)} \cdot \frac{P}{P_0} \cdot \frac{T}{T_0} \cdot \frac{FT_0}{FT} \quad (35)$$

$$\text{b. } \frac{dX_B}{dW} = \frac{K \times P_A \times P_B}{2 \times FB_0 \times \rho} \quad (23)$$

Penyelesaian persamaan differensial menggunakan metode Runge-kutta orde 4 :

$$X_{i+1} = x_i + 1/6 (k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4) \quad (36)$$

$$P_{i+1} = P_i + 1/6 (l_1 + 2l_2 + 2l_3 + l_4) \quad (37)$$

Keterangan :

$$k_1 = f_1 (w_i, X_i) \Delta w$$

$$l_1 = f_2 (w_i, P_i) \Delta w$$

$$k_2 = f_1 \left(w_i + \frac{\Delta w}{2}, X_i + \frac{k_1}{2} \right) \Delta w$$

$$l_2 = f_2 \left(w_i + \frac{\Delta w}{2}, P_i + \frac{l_1}{2} \right) \Delta w$$

$$k_3 = f_1 \left(w_i + \frac{\Delta w}{2}, X_i + \frac{k_2}{2} \right) \Delta w$$

$$l_3 = f_2 \left(w_i + \frac{\Delta w}{2}, P_i + \frac{l_2}{2} \right) \Delta w$$

$$k_4 = f_1 (w_i + \Delta w, X_i + k_3) \Delta w$$

$$l_4 = f_2 (w_i + \Delta w, P_i + l_3) \Delta w$$

Perhitungan nilai w_i, X_i , dan P_i di setiap inkremen w (Δw) adalah :

$$w_{i+1} = w_i + \Delta w$$

Tabel 7. Berat Katalis Berdasarkan Metode Runge Kutta 4

| W(Kg) | P(Kpa) | X(%) |
|-------|-------------|-----------|
| 0 | 320 | 0 |
| 0,05 | 319,9423174 | 0,15613 |
| 0,1 | 319,8846389 | 0,2709338 |
| 0,15 | 319,8269644 | 0,3589191 |
| 0,2 | 319,7692939 | 0,428511 |
| 0,25 | 319,7116276 | 0,4849383 |
| 0,3 | 319,6539652 | 0,5316188 |
| 0,35 | 319,596307 | 0,5708809 |
| 0,4 | 319,5386527 | 0,604366 |
| 0,45 | 319,4810025 | 0,6332641 |
| 0,5 | 319,4233564 | 0,6584594 |
| 0,55 | 319,3657143 | 0,6806224 |
| 0,6 | 319,3080763 | 0,7002709 |
| 0,65 | 319,2504423 | 0,7178111 |
| 0,7 | 319,1928124 | 0,7335661 |
| 0,75 | 319,1351865 | 0,7477962 |
| 0,8 | 319,0775646 | 0,7607133 |
| 0,85 | 319,0199468 | 0,7724918 |
| 0,9 | 318,962333 | 0,7832766 |
| 0,95 | 318,9047233 | 0,7931889 |
| 1 | 318,8471176 | 0,8023309 |
| 1,05 | 318,7895159 | 0,8107894 |
| 1,1 | 318,7319183 | 0,8186388 |
| 1,15 | 318,6743247 | 0,8259428 |
| 1,2 | 318,6167352 | 0,8327567 |
| 1,25 | 318,5591496 | 0,8391284 |
| 1,3 | 318,5015682 | 0,8451 |
| 1,35 | 318,4439907 | 0,8507081 |
| 1,4 | 318,3864173 | 0,8559851 |
| 1,45 | 318,3288479 | 0,8609597 |

| | | |
|----------|--------------------|-----------------|
| 1,5 | 318,2712825 | 0,8656572 |
| 1,55 | 318,2137212 | 0,8701003 |
| 1,6 | 318,1561639 | 0,8743093 |
| 1,65 | 318,0986106 | 0,8783022 |
| 1,7 | 318,0410614 | 0,8820954 |
| 1,75 | 317,9835161 | 0,8857035 |
| 1,8 | 317,9259749 | 0,8891398 |
| 1,85 | 317,8684377 | 0,8924164 |
| 1,9 | 317,8109046 | 0,8955441 |
| 1,95 | 317,7533754 | 0,8985329 |
| 2 | 317,6958503 | 0,901392 |

◆ Berat Total Tumpukan Katalis

Berat katalis yang digunakan berdasarkan metode runge kutta dengan basis tiap detik adalah 2 Kg. Oleh karena basis perhitungan reaktor adalah tiap jam maka banyaknya katalis yang harus disediakan sebesar 7.200 Kg.

◆ Menghitung Volume Katalis dalam Tube Reaktor

$$V = \frac{W}{\rho_{\text{katalis}}} \quad (38)$$

$$V = 2,483 \text{ m}^3$$

Digunakan volume overdesign sebesar 20% sehingga volume yang didapatkan adalah 2,979 m³.

◆ Menghitung Tinggi Tumpukan Katalis yang Dibutuhkan

Tinggi total tumpukan katalis yaitu :

$$Z = \frac{4 \times W}{\pi \times ID^2 \times \rho_{\text{katalis}}} \quad (39)$$

$$Z = 6.025,378 \text{ m}$$

Keterangan :

Z = tinggi tumpukan katalis, m

V = volume katalis dalam tube, m³

W = berat katalis, kg

ρ_{katalis} = densitas katalis, (kg/m³)

ID = diameter dalam tube, m

Digunakan ukuran tinggi tube standar 24 ft atau 7,3152 m.

4) Menghitung Jumlah Tube(Nt)

Untuk menghitung jumlah tube yang digunakan pada reactor, maka dicari volume untuk 1 tube dengan persamaan berikut :

$$V_{1 \text{ Tube}} = \frac{\pi}{4} \times ID^2 \times Z \quad (40)$$

$$V_{1 \text{ Tube}} = 0,003m^3$$

Selanjutnya jumlah tube yang dipakai dapat dicari menggunakan persamaan berikut :

$$N_T = \frac{V_{Total}}{V_{1 \text{ Tube}}} \quad (41)$$

$$N_T = 986 \text{ buah}$$

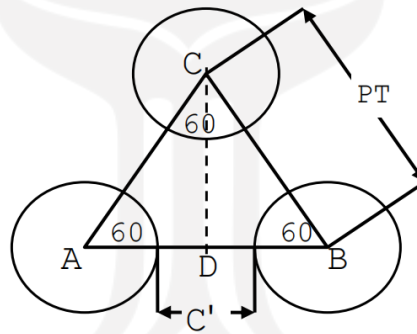
e. *Mechanical Design Reactor*

1) Tube

Ukuran Tube (Kern, 1983)

| | | |
|---------------------------------|---|-------------------------|
| Susunan <i>tube</i> | : | <i>Triangular pitch</i> |
| Diameter nominal (NPS), in | : | 1 |
| Diameter luar (OD), in | : | 1 |
| Diameter dalam (ID), in | : | 0,902 |
| <i>Schedule number</i> | : | 40 |
| Luas penampang, in ² | : | 0,639 |
| Panjang pipa (L), in | : | 288 |

Susunan pipa yang digunakan, yaitu *Triangular pitch* dengan tujuan supaya turbulensinya lebih baik, sehingga memperbesar koefesien transfer panas konveksi (h_0). Sehingga dapat disimpulkan bahwa transfer panasnya lebih baik dibandingkan dengan *square pitch*.



Gambar 2. Susunan Pipa Model *Triangular Pitch*

$$\begin{aligned} \text{Tebal tube} &= \frac{P \times r}{f \times E - 0,6P} + C & (42) \\ &= 0,1875 \text{ m} \end{aligned}$$

Jarak antara pusat pipa (PT)

$$\begin{aligned} \text{PT} &= 1,25 \times \text{OD} & (43) \\ &= 1,25 \text{ in} \end{aligned}$$

Jarak antara pipa (Clearance)

$$\begin{aligned} C' &= PT-OD \\ &= 0,25 \text{ in} \end{aligned} \quad (44)$$

Koefisien Transer Panas Dalam Tube

$$h_i = jH \frac{k}{IDt} \cdot Pr^{1/3} \quad (45)$$

Dimana :

$$Pr = (C_p \cdot \mu) / k$$

IDt = Diameter Tube

K = Konduktivitas Panas, Btu/hr.ft °F

Didapatkan

$$H_i = 2,47 \text{ Btu/hr.ft } ^\circ\text{F}$$

$$H_{io} = \frac{ID}{OD} \quad (46)$$

$$H_{io} = 2,228 \text{ Btu/hr.ft } ^\circ\text{F}$$

2) Shell

a) Tekanan Design (Max over design 20%)

$$\text{Tekanan operasi} = 320 \text{ kPa}$$

$$= 3,2 \text{ bar}$$

$$= 46,412 \text{ psi}$$

$$\text{Tekanan Design} = 55,694 \text{ psi}$$

b) Bahan Konstruksi

Dipilih material *Carbon Steel 212 Grade B* dengan pertimbangan :

- 1) *Carbon Steel* cocok untuk senyawa yang tidak beracun, tidak korosif dan strukturnya kuat.
- 2) Nomor 212 dipilih karena digunakan untuk bahan dengan suhu 750-1000 F.

c) Tebal Dinding Shell

$$T_s = \frac{P \times r}{f \times E - 0,6P} + C \quad (47)$$

Keterangan :

T_s = tebal dinding *shell*, in

P = tekanan *design*, psi

R = $(ID_s/2)$ = radius dalam *shell*, in

F = *allow working stress*, psi

E = efisiensi sambungan

C = faktor korosi

F , lb/in² = 6.500

E = 0,8

ID_s , in = 41,226

T_s , in = 0,347

Dipilih tebal dinding standar, in = 0,375

$$\text{ODs, in} = 41,976$$

$$\text{OD standar, in} = 42$$

d) Koefisien Perpindahan Panas Dalam Shell

$$ID_s = \left(\frac{4.0,866.Nt.PT^2}{\pi} \right)^{0,5} \quad (48)$$

$$= 41,226 \text{ in}$$

Jarak Baffle

$$B_s = I_{ds} * 0,75$$

$$= 30,920 \text{ in}$$

Shell Side atau Bundle Crossflow Area(a_s)

$$a_s = \frac{ID_s.C'.B}{144.PT} \quad (49)$$

$$= 1,77 \text{ in}^2$$

Mass Velocity

$$G = \frac{W}{a_s} \quad (50)$$

$$= 12.697,312 \text{ lb/ft}^2\text{hr}$$

Diameter Equivalen

$$D_e = \frac{4.(0,5.Pt \times 0,866.Pt - 0,5.\pi.\frac{OD^2}{4})}{(0,5.\pi.OD)} \quad (51)$$

$$= 0,724 \text{ in}$$

Reynold Number Di Shell

$$Res = \frac{G.De}{\mu s} \quad (52)$$

$$= 499,208$$

Maka

$$ho = 0,36 \cdot \frac{Kp}{Des} \cdot \left(\frac{Des.Cp}{\mu p}\right)^{0,55} \cdot \left(\frac{Cp.\mu p}{kp}\right)^{\frac{1}{3}} \quad (53)$$

$$= 814,714 \text{ Btu/hr.ft}$$

Clean Overall Coefficient (U_c)

$$U_c = \frac{hio.hi}{hio+ho} \quad (54)$$

$$= 2,222 \text{ Btu/hr.ft}$$

Dirty Factor

$$Rd \text{ Shell} = 0,001 \text{ hr.ft}^2\text{F/Btu}$$

$$Rd \text{ Tube} = 0,002 \text{ hr.ft}^2\text{F/Btu}$$

$$Rd = Rd \text{ Shell} + Rd \text{ Tube}$$

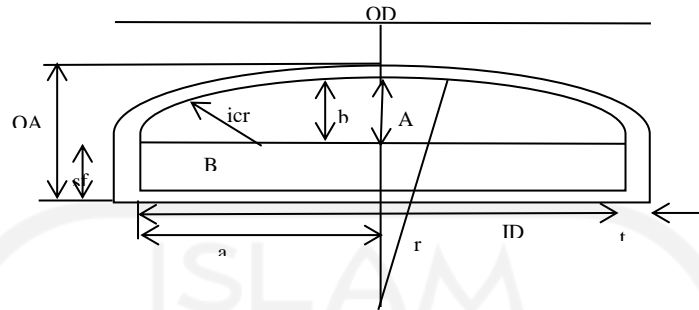
$$= 0,003 \text{ hr.ft}^2\text{F/Btu}$$

$$U_d = \frac{1}{Rd + \frac{1}{U_c}} \quad (55)$$

$$= 2,207 \text{ Btu/hr.ft}$$

3) Head Reaktor

a) Bentuk : *Torispherical*



Gambar 3. Bentuk *Head* Reaktor : *Torispherical*

Dipilih bentuk *Head Torispherical* karena memiliki konstruksi sederhana, ekonomis dan Cocok untuk tekanan 15-200 psi.

b) Bahan Konstruksi Head

Dipilih material *Carbon Steel 212 Grade B* dengan pertimbangan:

- 1) *Carbon Steel* cocok untuk senyawa yang tidak beracun, tidak korosif dan strukturnya kuat.
- 2) Nomor 212 dipilih karena digunakan untuk bahan dengan suhu 750-1000 F.

c) Tebal Head

$$t_H = \frac{P \cdot ID_s}{2 \cdot f \cdot E - 0,2P} + C \quad (56)$$

$$= 0,346 \text{ in}$$

Keterangan :

P,psi = tekanan perancangan

F,psi = tekanan maksimum yang diizinkan bahan

C = joint efficiency

E,in = corrosion allowance

Dipilih tH standar = 0,375 in

d) Tinggi Head

Tebal yang digunakan untuk head adalah 0,5 in atau 1/2 in, sehingga dari Tabel 5.7 Brownel n Young didapatkan data sebagai berikut :

| | |
|---------|----------|
| ODs, in | : 42 |
| Ts, in | : 0,375 |
| Icr, in | : 2,625 |
| r, in | : 42 |
| a, in | : 20,613 |
| AB, in | : 17,988 |
| BC, in | : 39,375 |
| AC, in | : 35,026 |
| b, in | : 6,974 |

Tabel 5.6 Brownel n Young

Sf, in : 3/2-9/2

Tinggi Head : tH+b+sf

10,349 in

0,263 m

4) Tinggi Reaktor

HR = panjang *tube* + 2*tinggi *head* (57)

= 308,698 in

$$= 7,841 \text{ m}$$

5) Volume Reaktor

$$\text{Volume head} = 0,000049 \times ID_s^3 \quad (58)$$

$$= 0,131 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume shell} = \frac{\pi}{4} \times ID_s^2 \times Z \quad (59)$$

$$= 6,297 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume reaktor} = \text{Volume shell} + \text{Volume head} \quad (60)$$

$$= 6,428 \text{ m}^3$$

6) Diameter Reaktor

$$ID = 1,057 \text{ m}$$

$$OD = ID + \text{tebal shell} + \text{tebal isolasi}$$

$$= 1,273 \text{ m}$$

7) Nozzle

$$D_{opt} = 293 G^{0,53} \rho^{-0,37} \quad (61)$$

a) Diameter Saluran Gas Umpan

$$G(\text{Kecepatan Umpan Masuk}) : 1,339 \text{ kg/s}$$

$$\rho(\text{Desnitas Gas Umpan Masuk}) : 0,003 \text{ gr/cm}^3$$

$$: 3,390 \text{ kg/m}^3$$

$$D_{opt}(\text{Diameter Optimum}) : 217,74 \text{ mm}$$

$$: 8,572 \text{ in}$$

Dari Tabel 11 kern dipilih ukuran standar

| | | | |
|--------------------------------|---------|---------|---------------------|
| ID | : | 10,02 | in |
| OD | : | 10,75 | in |
| IPS | : | 10 | in |
| Sch Number | : | 40 | |
| Flow Area per pipe | : | 78,8 | in ² |
| Surface per lin ft | | | |
| | Outside | : 2,814 | ft ² /ft |
| | Inside | : 2,62 | ft ² /ft |
| Wieght Per lin ft | | 40,5 | lb steel |
| b) Diameter Saluran Gas Keluar | | | |
| G(Kecepatan Umpan Keluar) | : | 1,339 | kg/s |
| ρ (Densitas Keluar) | : | 36,05 | Kg/m ³ |
| Dopt(Diameter Optimum) | : | 91,106 | mm |
| | | : 3,587 | in |

Dari Tabel 11 kern dipilih ukuran standar

| | | | |
|----|---|-------|----|
| ID | : | 4,026 | in |
| OD | : | 4,5 | in |

IPS : 4 in

Sch Number : 40

Flow Area per pipe : 12,7 in²

Surface per lin ft

Outside : 1,178 ft²/ft

Inside : 1,055 ft²/ft

Wieght Per lin ft : 10,8 lb steel

c) Diameter Pendingin Masuk

Mencari Densitas Pendingin Masuk

$T_{in} = 303 \text{ K}$

$$\rho_p = 1,3644 - (9,7073 \times 10^{-4} T_{in}) \quad (62)$$

G(Kecepatan Aliran Pendingin) : 0,02 kg/s

ρ (Densitas Pendingin) : 1.070,269 Kg/m³

Dopt(Diameter Optimum) : 35,739 mm

: 1,407 in

Dari Tabel 11 kern dipilih ukuran standar

ID : 1,61 in

OD : 1,9 in

IPS : 1 ½ in

Sch Number : 40

Flow Area per pipe : 2,04 in²

Surface per lin ft

Outside : 0,498 ft²/ft

Inside : 0,422 ft²/ft

Wieght Per lin ft : 2,72 lb steel

d) Diameter Pendingin Keluar

T_{out} = 523 K

$$\rho_{pp} = 1,3644 - (9,7073 \times 10^{-4} T_{out}) \quad (63)$$

G(Kecepatan Aliran Pendingin) : 0,0197 kg/s

ρ(Densitas Pendingin) : 759,635 Kg/m³

D_{opt}(Diameter Optimum) : 40,572 mm

: 1,597 in

Dari Tabel 11 kern dipilih ukuran standar

ID : 1,61 in

OD : 1,9 in

IPS : 1 ½ in

Sch Number : 40

Flow Area per pipe : 2,04 in²

Surface per lin ft

Outside : 0,498 ft²/ft

Inside : 0,422 ft²/ft

Wiegth Per lin ft

2,72 lb steel

4. Spesifikasi Jet Mixer

Fungsi : Mencampurkan gas umpan sebelum masuk reaktor.

Jenis : Jet Mixer

Bahan : Carbon Steel SA 212 Grade B

- ❖ Diameter jet mixer = diameter tube
= 1 in
- ❖ Tinggi jet mixer = $0,25 \leq \frac{H}{D} \leq 1$ (64)
= 1 in
- ❖ Tebal standar jet = tebal tube
= 0,13 in

5. Spesifikasi Blower

Fungsi : Mendorong umpan masuk kedalam reaktor dari jet mixer.

Type : Centrifugal Multibalade Backward Curved Blower

- ❖ Jumlah umpan masuk reaktor (Gh) = 4.821,634 kg/jam

$$\begin{aligned} \text{❖ Densitas umpan } (\rho) &= 3,390 \text{ kg/m}^3 \\ \text{❖ Laju alir volumetrik } (Q) &= \frac{Gh}{\rho} \end{aligned} \quad (65)$$

$$= 1.422,241 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 40,189 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$\begin{aligned} \text{❖ Daya} &= 1,57 \times 10^{-4} Q \cdot P \quad (66) \\ &= 8,131 \text{ Hp} \end{aligned}$$

❖ Efisiensi diambil 80%

$$\begin{aligned} \text{❖ Aktual} &= \frac{P_{teoritis}}{\eta} \quad (67) \\ &= 10,164 \text{ Hp} \end{aligned}$$

6. Tebal Isolator

Asumsi :

1. Transfer panas dalam keadaan *steady state*, sehingga $Q_1=Q_2=Q_3$.

2. T_1 = Suhu dalam reaktor.

3. Panas radiasi diabaikan.

4. Dinding reaktor dirancang dengan memakai bahan yang tahan terhadap suhu tinggi dan mampu menahan panas ke lingkungan.

5. Bahan yang digunakan sebagai isolator adalah *Kaolin Insulating*

Brick. Dengan alasan :

a. Dinding reaktor, *Kaolin Insulating Brick* menahan suhu yang sangat tinggi sampai suhu luar dinding 70°C .

- b. Lapisan plat penahan tekanan karena konduktivitas panasnya yang tinggi diasumsikan suhu luar plat 25 °C.

Spesifikasi *Kaolin Insulating Brick* :

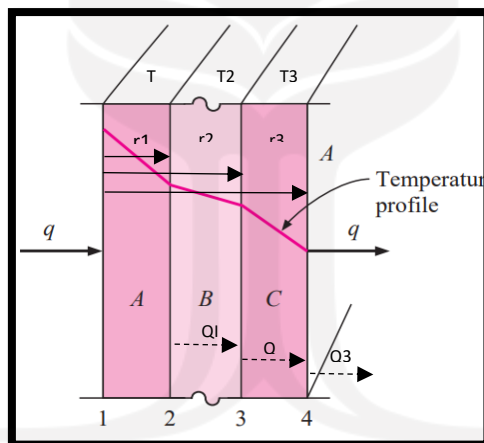
$T_{\text{operasi maksimal, } ^\circ\text{F}}$: 2102

Densitas, kg/m^3 : 432,513

Konduktivitas, $\text{btu/ft}^\circ\text{F}$: 0,26

Emisivitas : 0,93

Gambar 4. Mekanisme Perpindahan Panas dari Dalam Reaktor



Keterangan :

T_1 : Suhu dalam reaktor

T_2 : Suhu luar reaktor

T_3 : Suhu isolasi

T_4 : Suhu udara luar

R_1 : Jari-jari reaktor

R2 : Jari-Jari Luar Reaktor (r1+tebal reaktor)

R3 : Jari-Jari Luar Setelah Isolasi(r2+tebal isolasi)

Q1 : Panas dari Dinding dalam reaktor ke dinding luar reaktor

Q2 : Panas dari dalam dinding isolator ke dinding luar isolator

Q3 : Panas dari plat lapisan luar ke udara

Perpindahan panas melalui tiap lapis tahanan dihitung dengan hukum Fourier. Luas penampang dituliskan dengan rumus :

$$A_r = 2\pi rL \quad (68)$$

Sehingga hukum Fourier diatas didapatkan rumus berikut :

$$q = \frac{2\pi L (T_1 - T_4)}{\ln \frac{(r_1 - r_2)}{k_A} + \ln \frac{(r_3 - r_2)}{k_B}} \quad (69)$$

Untuk menghitung perpindahan panas dari luar ke dalam *shell*, harus dihitung terlebih dahulu suhu kesetimbangan radiasi pada permukaan dinding luar yang terkena sinar matahari pada suhu udara lingkungan sekitar *shell* (J.P.Holman, 1979). Persamaan suhu permukaan dinding luar:

$$\left(\frac{q}{A}\right)_{\alpha_{sun}} = \alpha_{lowtemp} \sigma (T^4 - T^4_{surr}) \quad (70)$$

a. Suhu isolasi permukaan luar

Diketahui,(J.P Holman) :

$$\left(\frac{q}{A}\right), \text{ w/m}^2 = 700$$

$$\alpha_{\text{sun}, \mu\text{m}} = 0,75$$

$$\alpha_{\text{low}, \mu\text{m}} = 0,93$$

$$\left(\frac{q}{A}\right)_{\text{sun}\alpha_{\text{sun}}} = \alpha_{\text{lowtemp}}\sigma(T^4 - T_{\text{surr}}^4)$$

$$T, \text{K} = 368,224$$

b. Menghitung koefisien perpindahan panas secara konveksi

$$\begin{aligned} hc &= 0,27 \left(\frac{T_3 - T_4}{d}\right)^{\frac{1}{4}} \\ &= 0,485 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{R} \end{aligned} \quad (71)$$

c. Menghitung koefisien perpindahan panas secara radiasi

$$\begin{aligned} hr &= \frac{0,173 \left[\left(\frac{T_3}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_4}{100}\right)^4 \right]}{T_3 - T_4} \\ &= 1,434 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{R} \end{aligned} \quad (72)$$

d. Menghitung Q tiap lapisan

$$\text{Thru } R_3 =$$

$$Q_3 = (hc + hr) \cdot (2\pi \cdot L \cdot r_3) \cdot (T_3 - T_4) \quad (73)$$

$$Q_3 = 88.954,635 \text{ W}$$

$$Q_3 = Q_2$$

$$Q_2 = \frac{2\pi \cdot L \cdot (T_2 - T_3) \cdot k}{\ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right)} \quad (74)$$

$$Q_2 = Q_3$$

$$Q_2 = 88.954,635 \text{ W}$$

$$(T_2 - T_3) = 727,420 \text{ }^\circ\text{F}$$

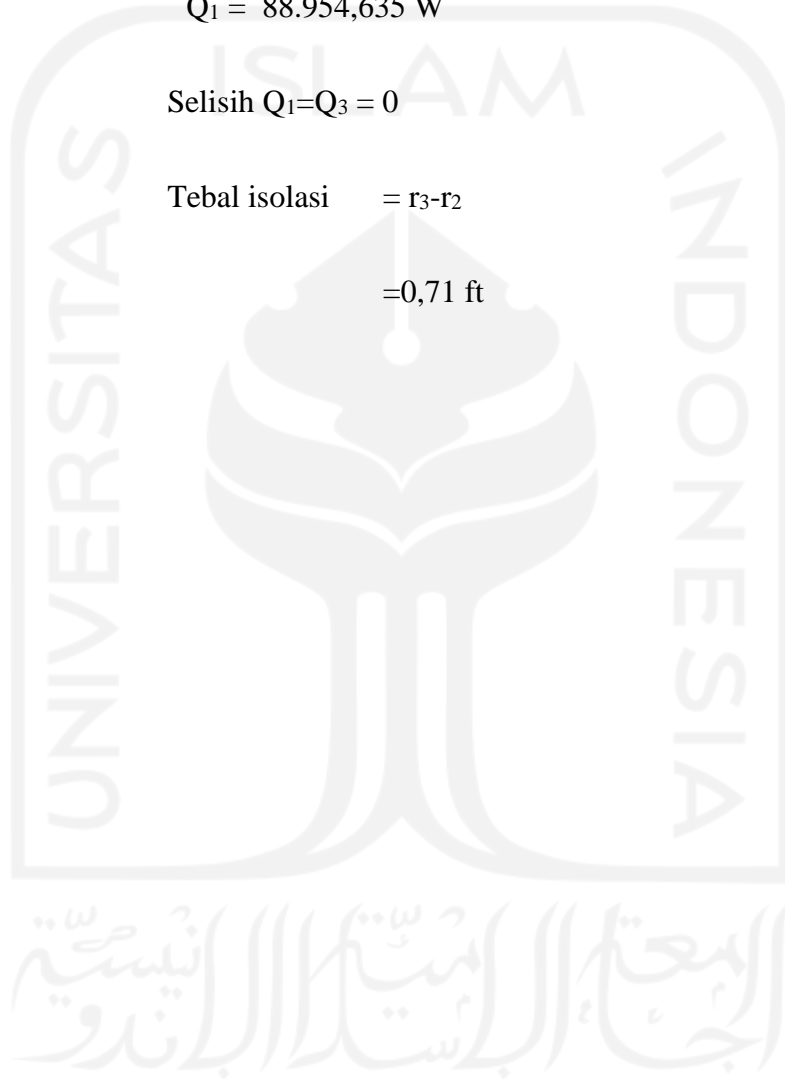
$$T_2 = 930,823 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$Q_1 = \frac{2\pi \cdot L \cdot (T_1 - T_2) \cdot k}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)} \quad (75)$$

$$Q_1 = 88.954,635 \text{ W}$$

$$\text{Selisih } Q_1 = Q_3 = 0$$

$$\begin{aligned} \text{Tebal isolasi} &= r_3 - r_2 \\ &= 0,71 \text{ ft} \end{aligned}$$



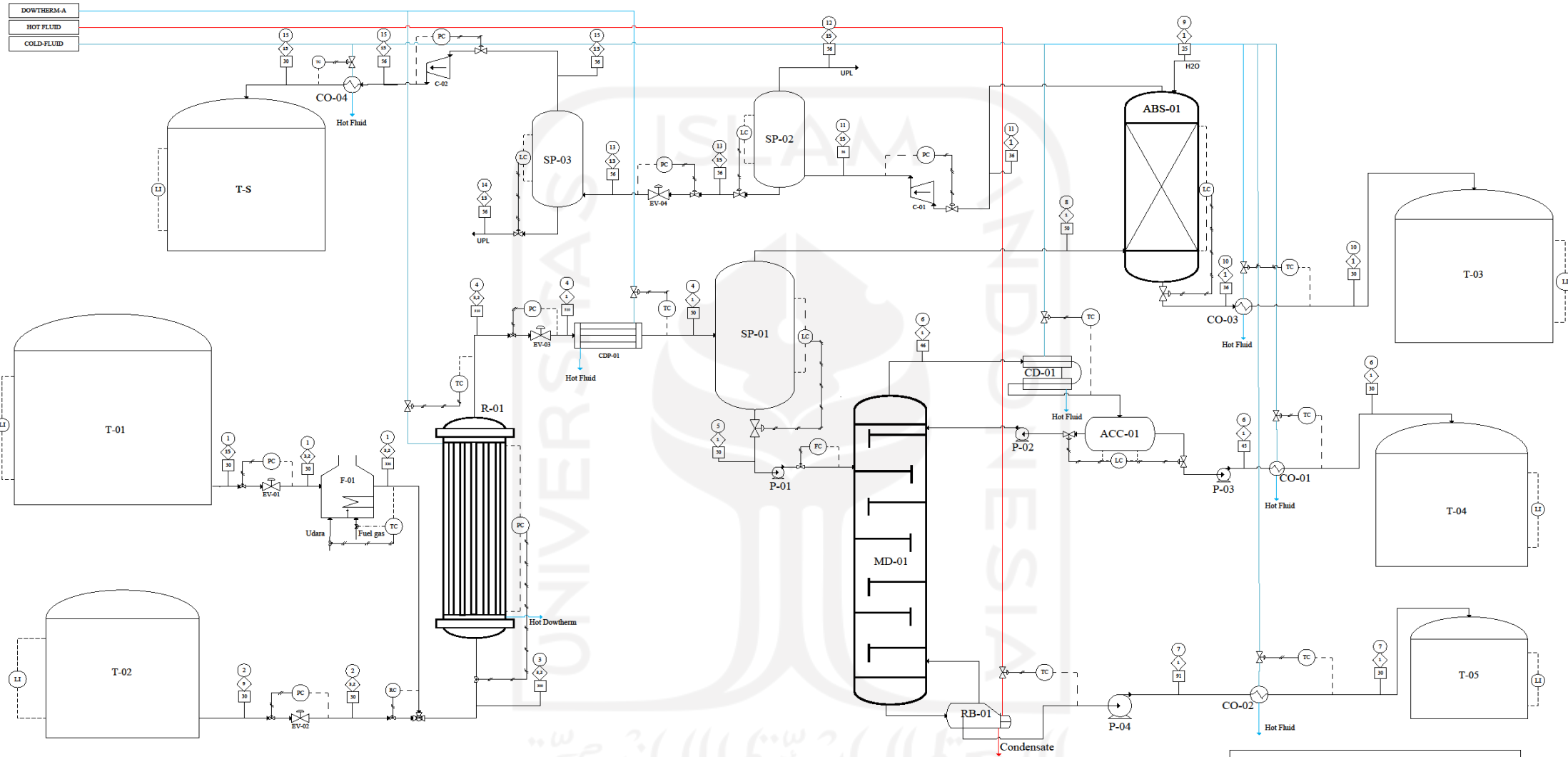


LAMPIRAN B

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM

PRA RANCANGAN PABRIK ALLYL CHLORIDE DARI PROPYLENE DAN CHLORINE

KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN



| Komponen | Nomor Arus (kg/jam) | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------|------------------|---------------|------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| C ₃ H ₆ | 2.868,050 | | 2.868,050 | 1.789,380 | | | | 1.789,380 | | | 1.789,380 | | 1.789,380 | | 1.789,380 |
| C ₃ H ₈ | 18,142 | | 18,142 | 18,142 | | | | 18,142 | | | 18,142 | | 18,142 | 18,142 | |
| Cl ₂ | | 1.923,317 | 1.923,317 | 19,233 | | | | 19,233 | | 17,887 | 1,346 | | 1,346 | 1,346 | |
| H ₂ | | 0,055 | 0,055 | 0,055 | | | | 0,055 | | | 0,055 | 0,055 | | | |
| CO ₂ | | 12,070 | 12,070 | 12,070 | | | | 12,070 | | | 12,070 | 12,070 | | | |
| C ₃ H ₅ Cl | | | | 1.868,190 | 1.868,120 | 1.866,598 | 1,522 | 0,070 | | | | 0,070 | 0,070 | 0,070 | |
| C ₃ H ₄ Cl ₂ | | | | 135,454 | 135,453 | 27,341 | 108,112 | 0,001 | | | | 0,001 | 0,001 | 0,001 | |
| HCl | | | | 979,109 | | | | 979,109 | | | | 979,109 | | | |
| H ₂ O | | | | | | | | | 2.590,378 | 2.590,378 | | | | | |
| Total | 2.886,191 | 1.935,442 | 4.821,634 | 4.821,634 | 2.003,573 | 1.893,939 | 109,633 | 2.818,061 | 2.590,378 | 3.587,370 | 1.821,065 | 12,126 | 1.808,939 | 19,559 | 1.789,380 |

| KODE | KETERANGAN | KODE | KETERANGAN |
|------|-------------------|-------|---------------------|
| T | Tangki | PC | Flow Control |
| C | Compressor | LC | Level Control |
| F | Furnace | LI | Level Indicator |
| R | Reaktor | PC | Pressure Control |
| EV | Expansion Valve | TC | Temperature Control |
| CDP | Condensor Parsial | PI | Pressure Indicator |
| CD | Condensor | ○ | Nomor Arus |
| MD | Menara Distilasi | □ | Tekanan, bar |
| SP | Separator | ◇ | Suhu, °C |
| ABS | Absorber | ⊗ | Control Valve |
| P | Pompa | --- | Sinyal Electric |
| RB | Reboiler | - - - | Sinyal Pneumatic |
| ACC | Accumulator | --- | Sinyal Mekanik |



JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
 2022

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRA RANCANGAN PABRIK ALLYL CHLORIDE DARI PROPYLENE
DAN CHLORINE KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN

DISUSUN OLEH :
 1. Gita Firmiani (18521010)
 2. Irawati (18521042)

DOSEN PEMBIMBING :
 Stoleh Ma'mun, S.T., M.T. PhD
 Ajeng Yulianti Dwi Lestari, S.T., M.T.



LAMPIRAN C

**KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN PABRIK KIMIA ALLYL CHLORIDE
DARI PROPILEN DAN GAS CHLORINE DENGAN KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN**

1. Nama Mahasiswa : Gita Fitriani
No. MHS : 18521010

2. Nama Mahasiswa : Irawati
No. MHS : 18521042

Judul Prarancangan *) :

"Prarancangan Pabrik Kimia *Allyl Chloride* dari Propilen dan Gas *Chlorine* Dengan Kapasitas 15.000 Ton/Tahun"

Mulai Masa Bimbingan : 6 Desember 2021

Batas Akhir Bimbingan : 4 Juni 2022

| No | Tanggal | Materi Bimbingan | Paraf Dosen |
|----|------------------|----------------------------|---|
| 1 | 24 Desember 2021 | Pengarahan awal |  |
| 2 | 07 Januari 2022 | Konsultasi kapasitas |  |
| 3 | 21 Januari 2022 | Konsultasi BAB 1 dan BAB 2 |  |
| 4 | | | |
| 5 | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Disetujui Draft Penulisan:

Yogyakarta, 20-05-2022

Pembimbing,



Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D.

*) Judul PraRancangan Ditulis dengan Huruf Balok

- Kartu Konsultasi Bimbingan dilampirkan pada Laporan PraRancangan
- Kartu Konsultasi Bimbingan dapat difotocopy

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

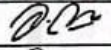


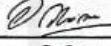
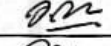
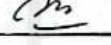
1. Nama Mahasiswa : Gita Filtriani
No. MHS : 18521010
2. Nama Mahasiswa : Irawati
No. MHS : 18521042

Judul Prarancangan *) :

"Prarancangan Pabrik Kimia *Allyl Chloride* dari Propilen dan Gas *Chlorine* Dengan Kapasitas 15.000 Ton/Tahun"

Mulai Masa Bimbingan : 5 Juni 2022

Batas Akhir Bimbingan : 2 Desember 2022

| No | Tanggal | Materi Bimbingan | Paraf Dosen |
|----|--------------|--------------------------------|---|
| 1. | 20-Juni-2022 | PEFO, reaktor dan alat besar 1 |  |
| 2. | 27-Juni-2022 | PEFO, reaktor dan alat |  |
| 3. | 09-Juli-2022 | Lokasi, utilitas dan ekonomi |  |
| 4. | 11-Juli-2022 | Ekonomi dan Naskah |  |
| 5. | 19-Juli-2022 | Naskah |  |
| 6. | 25-Juli-2022 | Naskah |  |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Disetujui Draft Penulisan:

Yogyakarta, 12-07-2022

Pembimbing,



Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D.

*) Judul PraRancangan Ditulis dengan Huruf Balok

- Kartu Konsultasi Bimbingan dilampirkan pada Laporan PraRancangan
- Kartu Konsultasi Bimbingan dapat difotocopy

**KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN PABRIK KIMIA ALLYL CHLORIDE
DARI PROPILEN DAN GAS CHLORINE DENGAN KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN**

1. Nama Mahasiswa : Gita Fitriani
No. MHS : 18521010
2. Nama Mahasiswa : Irawati
No. MHS : 18521042

Judul Prarancangan *) :

"Prarancangan Pabrik Kimia *Allyl Chloride* dari Propilen dan Gas *Chlorine* Dengan Kapasitas 15.000 Ton/Tahun"

Mulai Masa Bimbingan : 6 Desember 2021

Batas Akhir Bimbingan : 4 Juni 2022

| No | Tanggal | Materi Bimbingan | Paraf Dosen |
|----|------------------|--|-------------|
| 1 | 30 Desember 2021 | Pengarah awal | ajeng |
| 2 | 04 Februari 2022 | Konsultasi Diagram Alir | ajeng |
| 3 | 17 Februari 2022 | Konsultasi Neraca Massa | ajeng |
| 4 | 18 Februari 2022 | Konsultasi Neraca Massa dan Reaktor | ajeng |
| 5 | 11 Maret 2022 | Konsultasi Reaktor dan Alat Besar | ajeng |
| 6 | 25 Maret 2022 | Konsultasi Reaktor | ajeng |
| 7 | 07 April 2022 | Konsultasi Luaran | ajeng |
| 8 | 02 Juni 2022 | Konsultasi Alat Kecil, Tangki Penyimpanan , Alat Transportasi, dan Alat Penukar Panas | ajeng |
| 9 | 13 Juni 2022 | Konsultasi PEFD | ajeng |
| 10 | 13 Juni 2022 | Konsultasi Lokasi dan Utilitas | ajeng |
| " | | | |
| | | | |

Disetujui Draft Penulisan:

Yogyakarta, 18 Juli 2022

Pembimbing,



Ajeng Yulianti Dwi Lestari, S.T., M.T.

*) **Judul PraRancangan Ditulis dengan Huruf Balok**

- Kartu Konsultasi Bimbingan dilampirkan pada Laporan PraRancangan
- Kartu Konsultasi Bimbingan dapat difotocopy

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Gita Fitriani

No. MHS 18521010

2. Nama Mahasiswa : Irawati

No. MHS 18521042

Judul Prarancangan *) :

"Prarancangan Pabrik Kimia *Allyl Chloride* dari Propilen dan Gas *Chlorine* Dengan Kapasitas 15.000 Ton/Tahun"

Mulai Masa Bimbingan : 5 Juni 2022

Batas Akhir Bimbingan : 2 Desember 2022

| No | Tanggal | Materi Bimbingan | Paraf Dosen |
|----|--------------|------------------|--------------|
| 1. | 1 Juli 2022 | Ektek + PFD | <i>Ajeng</i> |
| 2. | 14 Juli 2022 | Nasabah | <i>Ajeng</i> |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Disetujui Draft Penulisan:

Yogyakarta, 18 Juli 2022

Pembimbing,

Ajeng
Ajeng Yulianti Dwi Lestari, S.T., M.T.

*) **Judul PraRancangan Ditulis dengan Huruf Balok**

- Kartu Konsultasi Bimbingan dilampirkan pada Laporan PraRancangan
- Kartu Konsultasi Bimbingan dapat difotocopy